

anses

agence nationale de sécurité sanitaire
alimentation, environnement, travail



Connaitre, évaluer, protéger

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

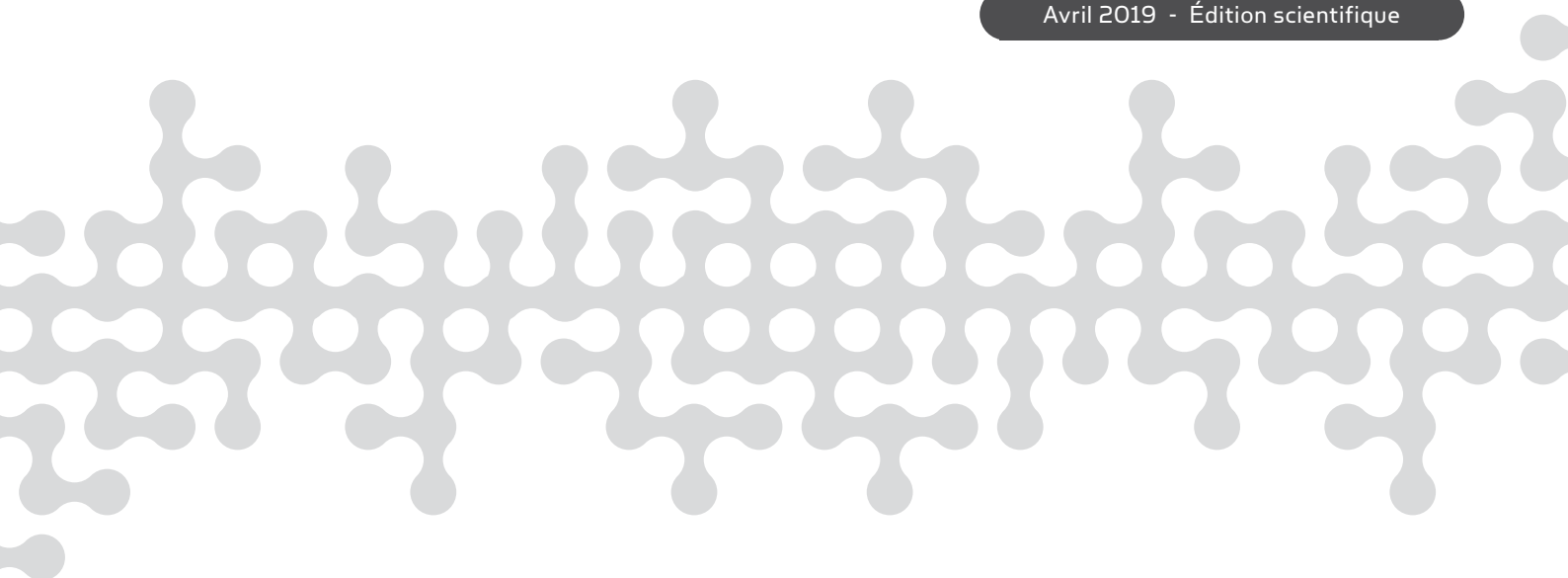
Avis révisé de l'Anses
Rapport révisé d'expertise collective

Avril 2019 - Édition scientifique

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

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

Avril 2019 - Édition scientifique



Le directeur général

Maisons-Alfort, le 25 avril 2019

AVIS du 25/04/2019* **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 porcs 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 porcs en abattoir.

1. CONTEXTE ET OBJET DE LA SAISINE

1.1. Contexte français

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*

* : Annule et remplace l'avis du 25/03/2019. Les révisions apparaissent dans le tableau en Annexe du présent avis révisé.

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>.

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 que le précise le règlement 1099/2009/CE dans son article 5, point 1³. Les avis et rapports émis par l'Anses sur l'expertise des trois premiers projets de GBP pour la protection animale en abattoir soulignent 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. 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, mais le présent avis ne concerne que les porcs charcutiers (PC).

1.2. Champs d'application de l'expertise

En préalable à l'expertise, le périmètre de travail suivant a été établi : protection des animaux au moment de leur mise à mort. L'étape du processus d'abattage concernée se situe donc entre l'étourdissement et le début de la saignée. La méthode d'échantillonnage et la surveillance des bonnes pratiques de protection animale par échantillonnage s'adressent au responsable de la protection animale (RPA). L'objectif du rapport n'inclut pas la protection animale entre le départ de la ferme jusqu'à l'arrivée à l'abattoir et la période entre le début de la saignée et la mort. La méthode d'échantillonnage proposée *in fine* s'applique aux animaux sur la chaîne d'abattage après l'étourdissement et jusqu'au début de la saignée et s'appuie sur l'évaluation de l'état de conscience.

L'objectif de ce travail est de déterminer une méthode d'échantillonnage permettant de s'assurer que les populations abattues ne présentent pas une proportion d'animaux conscients après application du procédé d'étourdissement, supérieure à un seuil retenu (appelé taux de prévalence limite ou TPL). Il faut souligner que le suivi de l'efficacité de l'étourdissement des animaux doit être systématique pour les opérateurs et qu'il se fait par échantillonnage pour les RPA.

Il serait utile que ce contrôle de second niveau soit tracé et enregistré par le RPA. Les résultats et les conditions de réalisation (par exemple, enregistrements faits par les opérateurs, caractéristiques des lots de porcs, enregistrement des indicateurs de fonctionnement des appareils d'étourdissement, interventions sur les appareils, etc.) en feront un outil de suivi des bonnes pratiques de protection des animaux pour le gestionnaire.

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

³ 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.

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. »

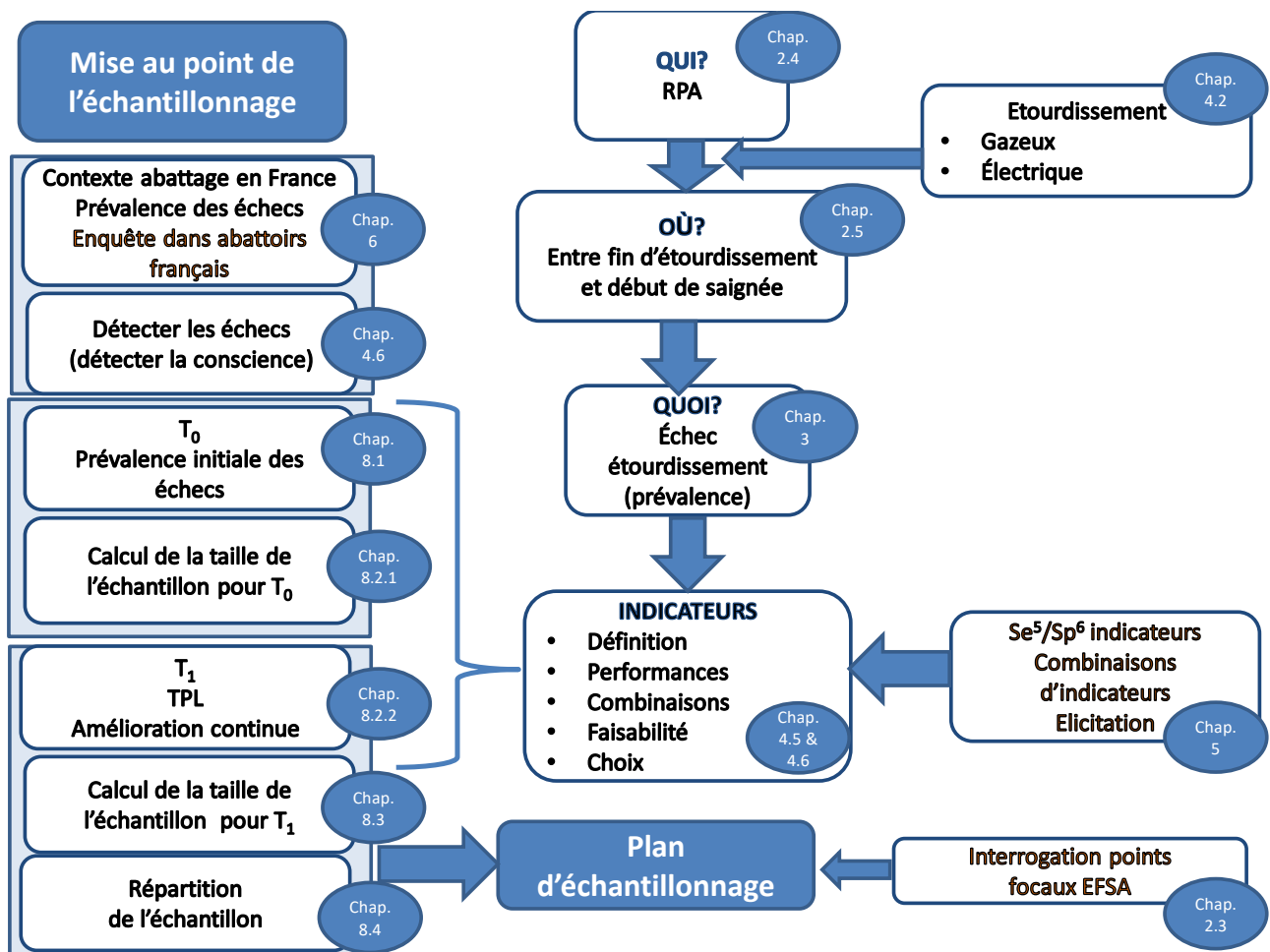


Figure 1 : Schéma conceptuel du travail d'expertise (les numéros dans les bulles se réfèrent aux chapitres du rapport d'expertise collective)

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) ».

L'expertise relève du domaine de compétences du comité(s) d'experts spécialisé(s) (CES) « SABA ». L'Anses a confié l'expertise au groupe de travail « Bien-être animal ». Les travaux ont été présentés au CES tant sur les aspects méthodologiques que scientifiques entre le mois de mai 2015 et le mois de juin 2018. Ils ont été adoptés par le CES « SABA » réuni le 12 juin 2018.

Un groupe de travail « Echantillonnage » dédié à l'expertise de cette autosaisine a été créé le 6 mai 2015. En outre, un groupe de travail « Elicitation porcs » a été créé le 22 mars 2016 afin de mener à bien une élicitation des connaissances d'experts, selon la méthode Sheffield (O'Hagan (2006) ; EFSA⁴ (2014)) visant à fournir des données sur la sensibilité⁵ et spécificité⁶ des indicateurs de conscience indispensables à l'expertise de ce dossier. Ce travail d'élicitation fait

⁴ (<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.2903/j.efsa.2014.3734/epdf>)

⁵ Sensibilité d'un indicateur : probabilité de présence de l'indicateur sachant que l'animal est conscient.

⁶ Spécificité d'un indicateur : probabilité d'absence de l'indicateur sachant que l'animal est inconscient.

l'objet de l'Annexe 6 du rapport d'expertise collective associé. Le GT Echantillonnage s'est réuni 30 fois depuis le 11 mai 2015. Il a été convié à chaque réunion du GT « Elicitation porcs », soit six réunions sur les 30.

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 DU CES SABA ET DU GT BEA

3.1.1. Contexte de l'abattage des porcs en France

Un panorama général de l'abattage en France pour l'espèce porcine a été dressé afin d'aider à établir les scénarios des protocoles d'échantillonnage. 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 le choix d'un scénario d'échantillonnage.

Les données d'abattage de l'année 2016 sont présentées ci-dessous selon l'activité journalière (cf. Tableau 1) pour les porcs charcutiers. Les experts proposent la classification des abattoirs en : petits, moyens, gros, très gros en fonction de leur capacité d'abattage quotidienne (cf. Tableau 1).

Tableau 1 : Répartition des abattoirs en fonction de l'activité journalière pour l'année 2016 (source DGAL, 2016)

Taille	Nb de porcs abattus par jour	Nombre d'abattoirs (% du total)	Nombre de porcs charcutiers abattus en (millions de têtes par an) (% du total)
Petit	<200	131 (78%)	1,23 (5%)
Moyens	200-1000	15 (9%)	2,10 (9%)
Gros	1000-5000	14 (8%)	8,63 (37%)
Très gros	>5000	7 (4%)	11,20 (48%)
TOTAL		167	23,16

3.1.2. Données d'échecs à l'étourdissement en abattoirs de porcs

Le recueil de données réalisé au sein d'abattoirs volontaires a permis d'estimer un ordre de grandeur du taux de prévalence des échecs à l'étourdissement en abattoir de porcs, pour les porcs charcutiers, dans des conditions d'abattage françaises. Ce taux de prévalence est faible (< 1 %) au sein des cinq abattoirs étudiés, qui appartiennent à deux des quatre catégories d'abattoirs proposées par les experts (moyen et très gros). Ces résultats permettent de définir des scénarios plausibles pour établir le protocole d'échantillonnage en fonction du taux de prévalence minimal d'échecs à l'étourdissement qu'il est souhaitable de détecter et la taille de la population abattue par l'abattoir.

3.2. Principes généraux du contrôle par échantillonnage

L'objectif général de l'échantillonnage est de s'assurer que le taux de prévalence⁷ des échecs à l'étourdissement dans les conditions françaises d'abattage se situe en deçà d'un seuil (TPL⁸) fixé par le gestionnaire⁹.

Les résultats obtenus à partir d'un échantillon aléatoire sont extrapolés à la population cible avec une part d'incertitude. 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. Ce processus s'inscrit dans une démarche de progrès pour l'abattoir.

Le plan de contrôle 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 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 ;
- (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'étourdissement 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 sous-population d'échantillonnage¹⁰ doit s'étendre sur une période de fonctionnement de l'abattoir pendant laquelle le système d'étourdissement est supposé avoir une efficacité constante. 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 T_1 (cf. Figure 2 ci-dessous).

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, le T_0 , et à le comparer au seuil fixé par le gestionnaire ;
- la seconde période de la démarche consiste à fixer comme limite ou objectif à atteindre soit la valeur fixée par le gestionnaire comme valeur maximale d'échecs à l'étourdissement soit une valeur encore inférieure dans un but d'amélioration continue. C'est la fixation d'un taux de prévalence limite (TPL), le T_1 .

⁷ Taux de prévalence réelle d'échec à l'étourdissement : pourcentage total véritable d'échecs à l'étourdissement, dans le cadre de notre rapport, dans une population déterminée, au cours d'une période donnée.

⁸ Taux de prévalence limite : c'est le taux de prévalence la plus faible que la taille de l'échantillon permet de détecter avec un niveau de confiance de 95 %.

⁹ Gestionnaire : membre des services de l'Etat.

¹⁰ Sous-population d'échantillonnage : sous population d'animaux au sein de laquelle s'effectue la sélection de l'échantillon

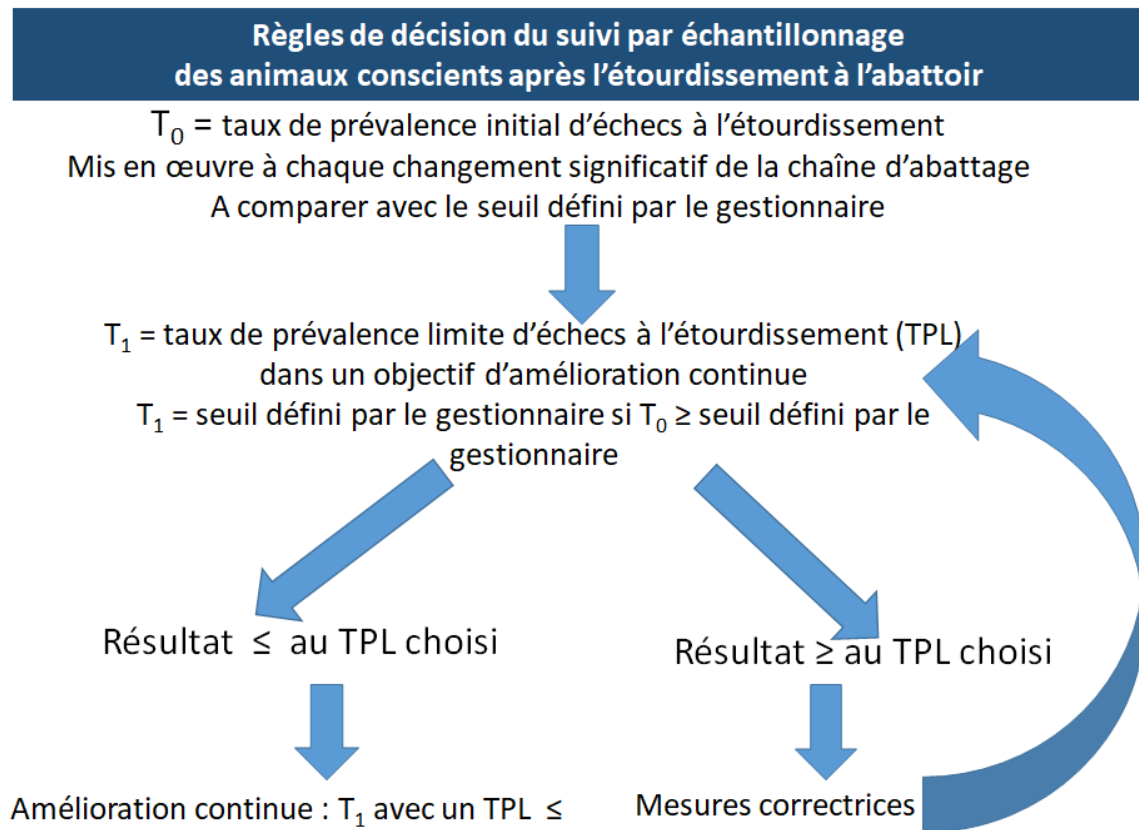


Figure 2 : Règles de décision du suivi par échantillonnage

Un changement significatif de la chaîne peut correspondre à un changement d'équipe ou un redémarrage de chaîne, *etc.*

Dans le cadre de l'amélioration continue, le taux de prévalence d'échecs doit tendre vers 0.

3.2.1. Estimation du taux de prévalence initial d'échecs à l'étourdissement (T_0)

Le T_0 est assorti d'une certaine précision, directement dépendante du nombre d'animaux observés/échantillonnés pour son estimation. Le nombre d'animaux à observer doit permettre de définir un intervalle, au sein duquel se situe le vrai taux de prévalence d'échecs à l'étourdissement. Ce nombre est fonction de la précision souhaitée : meilleure sera la précision souhaitée, plus grande devra être la taille de l'échantillon. Pour estimer ce T_0 , le RPA tient compte de tout animal considéré conscient entre l'étourdissement et le début de la saignée et ne comptabilise pas les éventuelles ré-applications de la procédure d'étourdissement qui ont été nécessaires pour chaque animal. Le T_0 doit être estimé sur une période suffisamment longue pour s'assurer de la représentativité de l'activité de l'abattoir.

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

L'objectif consiste à détecter un taux de prévalence limite T_1 , d'échecs à l'étourdissement par un échantillonnage adapté. Ce T_1 peut être fixé par le gestionnaire (services de l'état) ou par l'abattoir (s'il choisit un seuil en-deçà du seuil limite fixé par le gestionnaire) ou en concertation entre les deux. L'analyse consiste à vérifier régulièrement que le taux de prévalence des échecs à l'étourdissement de l'abattoir reste en dessous de T_1 . Chaque contrôle effectué devra être enregistré pour apprécier la régularité de la qualité du processus d'étourdissement et/ou l'impact des mesures correctrices mises en place dans le cadre du processus d'amélioration continue.

3.3. Conception d'un plan de contrôle des bonnes pratiques d'étourdissement des porcs à l'abattoir par échantillonnage

3.3.1. Détection de la conscience en abattoir

Pour le porc charcutier, deux méthodes d'étourdissement sont pratiquées en France:

- L'étourdissement électrique qui conduit à une crise épileptique généralisée.
- L'étourdissement gazeux au CO₂ qui entraîne l'acidification des cellules cérébrales responsable de la diminution de vigilance, de la perte de conscience, voire de la mort.

Pour les deux méthodes, des paramètres de réglages sont définis par le règlement 1099/2009/CE. En cas d'échec de l'étourdissement, les opérateurs qui doivent s'assurer de l'absence de conscience des animaux avant de pratiquer la saignée doivent mettre en œuvre une ré-application de la procédure. Le RPA effectue un contrôle de second niveau sur un échantillon d'animaux et s'assure de l'absence de signes de conscience sur les animaux le constituant.

Pour évaluer l'état de conscience d'un animal après étourdissement à l'abattoir, le rapport d'expertise de l'Anses (Anses, 2013a) ainsi que celui de l'Efsa¹¹ (Efsa, 2013) sur la protection animale en abattoir de porcs proposent une liste d'indicateurs de conscience à utiliser selon la fonction de la personne les mettant en œuvre (opérateur ou RPA).

Les indicateurs visés par le protocole d'échantillonnage sont ceux qui sont susceptibles d'être utilisés par le RPA. Le choix des indicateurs a été réalisé en fonction des contraintes liées au moment du contrôle sur la chaîne d'abattage, après l'étourdissement et avant la saignée. La justification de ces choix est disponible dans le rapport (chapitre 4.6 choix des indicateurs de conscience). Les indicateurs choisis figurent dans le Tableau 2 ci-après.

Ces indicateurs ont fait l'objet d'une réflexion sur les structures neuro-anatomiques qu'ils mettent en jeu afin de s'assurer de leur indépendance physiologique¹² les uns avec les autres. Ce caractère d'indépendance physiologique permet, par la suite, d'utiliser la formule de Cannon (2001) pour l'établissement d'un plan d'échantillonnage qui tient compte de la sensibilité de chaque indicateur et nécessite une indépendance statistique entre eux.

Dans le cadre de l'abattage après étourdissement, il est indispensable d'utiliser une approche multi-indicateurs pour exclure la présence de conscience. En effet, certains de ces indicateurs révèlent avec une quasi-certitude un état de conscience et d'autres font soupçonner un état de conscience. Ainsi, 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 entraîner le 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 la conscience. S'il est aboli et que l'on constate la perte définitive de la station debout et l'absence de respiration, l'animal est considéré comme efficacement étourdi, c'est-à-dire inconscient. D'autres 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, il suffit qu'un seul indicateur (cf. Tableau 2 pour la liste des indicateurs) soit détecté positif sur la chaîne pour que l'animal soit considéré conscient.

¹¹ <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.2903/j.efsa.2013.3523/epdf> consulté le 16/01/2017.

¹² Indépendance physiologique des indicateurs : indépendance, au moins partielle, des structures et circuits neuronaux impliquées dans l'expression des indicateurs concernés.

Tableau 2 : Indicateurs de conscience utilisés à l'abattoir pour le protocole d'échantillonnage pour l'espèce porc

	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 pédonculopontin (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 (<i>gasp</i> , expulsion d'air)	Niveau cortical (aires sensorielles activant les aires motrices et prémotrices), noyau gris centraux ; tronc cérébral
4	Absence de phase tonique	Absence de raidissement généralisé du corps. Raidissement : pattes postérieures fléchies sous le corps et pattes antérieures droites	Essentiellement noyaux gris et tronc cérébral
5	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 bulbaires respiratoires
6	Présence du réflexe cornéen	Fermeture instantanée de la paupière provoquée par un léger contact sur la cornée	Niveau du tronc cérébral (pont rostral), avec réponse réflexe (relai synaptique court sans nécessité de conscience)
7	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
8	Présence de réflexe pupillaire	Constriction de la pupille à l'ouverture de la paupière, ou si l'animal a les yeux ouverts, constriction de la pupille au passage d'un faisceau lumineux	Nerf optique, noyau olivaire (mésencéphale), noyau Edinger-Westphal du mésencéphale et noyau et nerf oculo-moteur du mésencéphale
9	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.
10	Présence de nystagmus	Mouvements d'oscillation des globes oculaires	Flocculus (partie du cervelet très proche du tronc cérébral) ou projections dans le tronc cérébral du côté dorsal du pont rostral
11	Présence de réponse à un stimulus nociceptif sur la tête	Réponse positive à un stimulus nociceptif sur la tête par pinçage de la cloison nasale ou du pavillon auriculaire	Nerf trijumeaux et transmission au noyau pédonculo-pontin et à la formation réticulée

3.3.2. 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 sauf pour un nombre d'animaux très faible ou dans des contextes particuliers. 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, au Chapitre 5 et en détail en Annexe 6.

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, les performances des combinaisons d'indicateurs ont été calculées *a posteriori* à partir des performances individuelles des indicateurs inclus dans chacune des combinaisons faisables. A partir des valeurs chiffrées des performances des combinaisons d'indicateurs, la formule de Cannon proposée par le rapport de l'Efsa de 2013 a permis le calcul des tailles d'échantillons pour chaque situation donnée. La prise en compte de la faisabilité des combinaisons des indicateurs permet de proposer des chiffres au plus près de la réalité des abattoirs. Une application en ligne¹³ développée en accompagnement de cet avis et du rapport associé permet d'obtenir, à partir des indicateurs choisis par le RPA, la taille des échantillons à prendre en compte, selon la situation de chaque abattoir et selon l'étape du plan d'échantillonnage (établissement du T_0 ou amélioration continue à partir d'un T_1).

3.4. 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 ligne développée en accompagnement de cet Avis (et rapport associé) permet d'obtenir, selon la situation de chaque abattoir, la taille d'échantillon à prendre en compte pour chaque étape du plan d'échantillonnage.

3.4.1. Taille relative de l'échantillon par rapport à la sous population d'échantillonnage

Pour pouvoir établir le T_0 , la constitution de l'échantillon dépend de la prévalence estimée ou prévalence attendue de l'abattoir. Lors de l'établissement du T_0 , si aucun animal n'est considéré conscient à l'issue du contrôle par échantillonnage, le taux de prévalence attendu a peut-être été surestimé. Il faut alors renouveler les observations sur un échantillon plus important, c'est-à-dire correspondant à une valeur plus faible de taux de prévalence attendu. Il faudra adapter la taille de la sous-population d'échantillonnage en tenant compte des limites évoquées en fin de paragraphe. Pour l'établissement du T_1 , la sous-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 réelle des échecs à l'étourdissement dans la sous-population est inférieur au T_1 fixé.

En pratique, si T_1 est très faible (de l'ordre de 0,1 %), la sous-population d'échantillonnage peut alors être augmentée pour correspondre à la population abattue sur un jour ou plusieurs jours

¹³ • <https://shiny-public.anses.fr/Echelecporc/>
• <https://shiny-public.anses.fr/Echgazporc/>

successifs d'activité en tenant compte des recommandations évoquées ci-après. Les experts recommandent que :

- si la taille de l'échantillon devient élevée, par exemple supérieure à 90 % de la sous-population d'échantillonnage, tous les animaux constituant la sous-population d'échantillonnage doivent être surveillés. Au-delà d'une fraction d'échantillonnage de 90 %, le contrôle de second niveau ne peut pas être réalisé selon un plan d'échantillonnage ;
- la taille relative de l'échantillon (ou fraction d'échantillonnage) soit supérieure à 5 % de la sous-population d'échantillonnage, dans tous les cas de figure. Pour les faibles prévalences, cela sera toujours le cas et pour les prévalences plus élevées (>2%) cela permettra d'avoir une taille d'échantillon suffisante pour pouvoir suivre différentes périodes ou différents lots dans une journée, afin de rectifier la situation au plus vite. En outre, la sous-population d'échantillonnage ne devra pas dépasser le nombre d'animaux abattus sur une période d'une semaine quelles que soient les situations considérées et toujours sous la **condition que les paramètres d'étourdissement soient constants sur la période considérée. Dans le cas où la sous-population d'échantillonnage correspondrait au nombre d'animaux abattus durant plus d'une journée, les observations doivent être réparties sur une base quotidienne.**

3.4.2. Taille de l'échantillon

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

- de la probabilité que la vraie valeur se situe dans l'intervalle de crédibilité ou de confiance. Celui-ci est en général choisi à 95 % ;
- du taux de prévalence attendu des échecs à l'étourdissement dans la population ;
- de la précision souhaitée du résultat¹⁴.

Pour le suivi de T_1 , le nombre d'animaux à observer et constituant l'échantillon est déterminé pour être sûr de détecter avec un intervalle de crédibilité ou de confiance de 95 %, au moins un animal considéré conscient si le taux de prévalence dans la sous-population dépasse le T_1 fixé. Pour produire des scénarios proches des réalités du terrain, les données recueillies dans les abattoirs français ont été utilisées pour estimer les taux de prévalence d'échecs à l'étourdissement et les tailles de lot les plus plausibles. Le niveau de confiance est également un paramètre à prendre en compte. Il est usuellement fixé à 95 % et les experts de l'Anses recommandent de ne pas descendre en dessous de cette valeur (Petrie et Watson, 2013).

Ici encore, il convient de rappeler qu'en pratique, l'application en ligne développée en accompagnement de cet Avis et rapport associé permet d'obtenir, selon la situation de chaque abattoir, la taille d'échantillon à prendre en compte pour chaque étape du plan d'échantillonnage.

Les règles de décision à prendre en compte pour déterminer la taille de la sous-population dans laquelle sera tiré au sort l'échantillon dans le cadre du T_1 sont proposées dans la Figure 3 ci-dessous.

¹⁴ À titre d'indication la précision relative ne devrait pas dépasser 50 %. Par exemple, si le taux de prévalence attendue est de 5 % plus ou moins 2,5 %, la précision absolue est de 2,5 % ; la précision relative est $2,5 / 5 = 50$ %.

3.4.3. Caractère aléatoire de l'échantillonnage et répartition dans le temps

D'un point de vue qualitatif la réalisation d'un bon échantillonnage repose sur le caractère aléatoire de choix des animaux inclus dans l'échantillon contrôlé. La représentativité de l'échantillon est en effet assurée par un tirage au sort des éléments qui le composent. La justesse de l'indicateur obtenu tient autant au caractère aléatoire de l'échantillonnage qu'à la taille de l'échantillon. Dans tous les cas, les observations doivent donc être effectuées chaque jour et en conservant le caractère aléatoire du choix des porcs dans un lot.

3.4.4. Exemple de scénarios de plans d'échantillonnage possibles pour un T₁ de 1 %

En pratique, à l'abattoir, les indicateurs sont observés et/ou mis en œuvre de manière simultanée. C'est la combinaison d'indicateurs qui a été déterminée la plus faisable à l'issue de l'élicitation de connaissances d'experts qui a été utilisée pour établir les scénarios pris en exemples dans le rapport. Tous les plans d'échantillonnage possibles à partir d'autres combinaisons d'indicateurs faisables sont accessibles *via* l'application en ligne développée en accompagnement de ce rapport et dont le didacticiel est donné en Annexe 6 du rapport. Si la situation le permet, il est possible d'ajouter des indicateurs à la combinaison généralement applicable, en vue d'améliorer la sensibilité globale du système.

Pour un T₁ de 1 %, lorsque la sous-population d'échantillonnage correspond à un lot de porcs, l'échantillonnage n'est possible que pour des lots de 200 porcs ou plus (*cf.* rapport, chapitre 7.3.2). Toutefois, la taille de l'échantillon peut rester élevée (au moins 70 % de la sous-population d'échantillonnage) et difficile à mettre en pratique. Dans ces conditions de T₁ faible, il est possible d'augmenter la taille de la sous-population d'échantillonnage, en veillant à conserver dans le temps la stabilité des caractéristiques de la sous-population échantillonnée et du procédé d'abattage, en prenant par exemple comme sous-population d'échantillonnage le nombre de porcs abattus sur une journée. Dans ce cas il conviendra de répartir l'échantillon sur la journée (plusieurs séquences d'observation réparties sur la journée de manière à tenir compte de la variabilité éventuelle de l'efficacité de l'étourdissement), en sélectionnant toujours les porcs aléatoirement. Pour une activité journalière inférieure à 200 porcs abattus, tous les animaux doivent être observés. Dans les autres cas, la taille de l'échantillon pourra varier de 79 % de la sous-population d'échantillonnage si on échantillonne dans un lot de 200 PC, à 5 % si on échantillonne dans une journée d'abattage de 10 000 porcs (*cf.* Tableau 3).

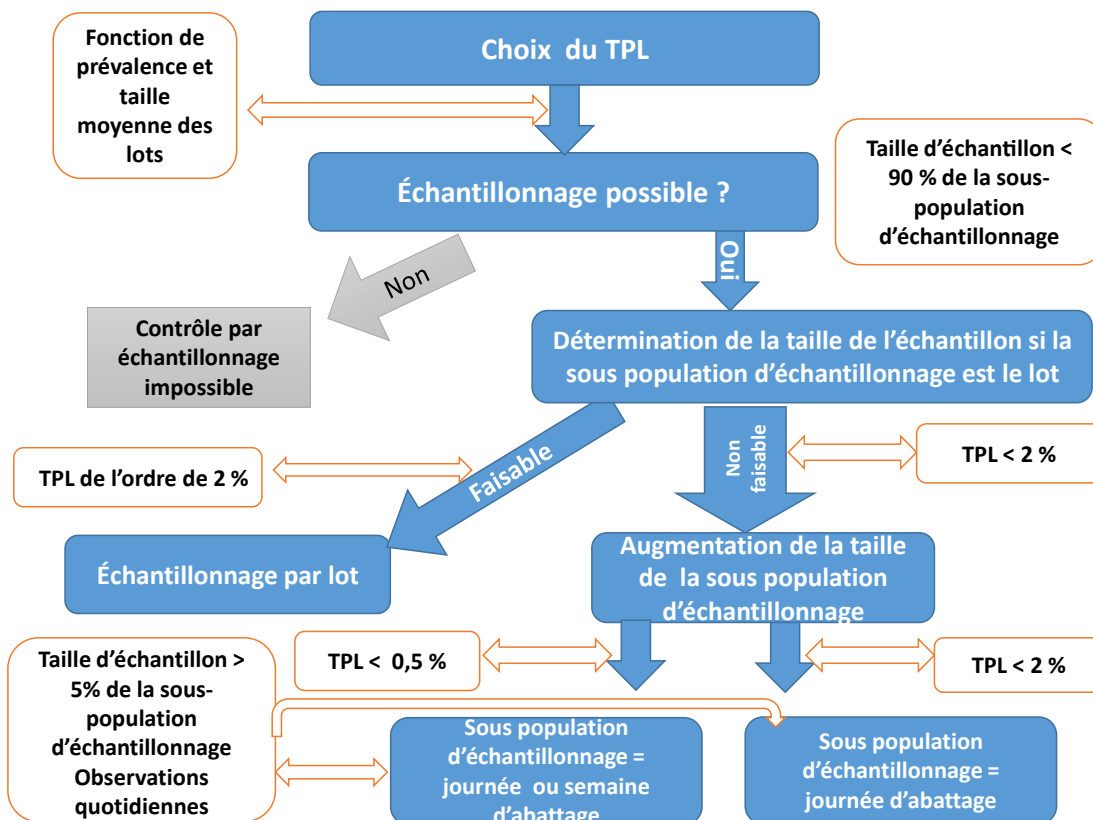


Figure 3 : Choix de la sous-population d'échantillonnage dans le cadre du T₁

Rectangles à fond blanc : règles utilisées pour le choix des sous-populations d'échantillonnage

3.4.5. 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.

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 détaillées dans l'Annexe 7 (Elicitation des connaissances).

3.5. Conclusions et recommandations

3.5.1. Conclusions

En fonction des éléments influençant l'échantillonnage, les experts proposent dans le Tableau 3 des exemples relatifs au nombre d'animaux à échantillonner dans un abattoir, chaque jour, pour le suivi du T₁ en fonction du TPL à détecter et une taille de sous-population d'échantillonnage fixée.

Pour chaque TPL, différentes tailles de sous-populations d'échantillonnage sont proposées. En fonction de la capacité des abattoirs, cette sous-population d'échantillonnage va représenter le nombre de porcs abattus sur un jour ou une semaine.

Lorsque la sous-population d'échantillonnage est la population abattue durant une journée, l'échantillon constitué de « n » porcs à observer devra être observé sur cette journée. Par contre **lorsque la sous-population d'échantillonnage est la population abattue durant la semaine,** l'échantillon constitué de « n » porcs devra être réparti de manière égale sur chaque jour de la semaine, soit $n/5$ animaux à observer chaque jour.

Les valeurs fournies tiennent compte de l'incertitude sur les valeurs de sensibilité des indicateurs de conscience en les résumant à la valeur médiane de la taille de l'échantillon à observer. En effet, les intervalles de crédibilité ou de confiance à 95% ne sont pas très étendus autour de la valeur médiane de la taille de l'échantillon nécessaire. Ainsi, l'incertitude sur les valeurs de sensibilité des indicateurs a un impact relativement faible sur la taille de l'échantillon.

Pour des TPL inférieurs ou égaux à 0,5 %, il est possible d'envisager une sous-population d'échantillonnage correspondant au nombre d'animaux abattus pendant une journée ou une semaine de fonctionnement de l'abattoir (en répartissant l'échantillon hebdomadaire sur chaque jour de la semaine).

Pour des TPL supérieurs à 0,5 % et inférieurs ou égaux à 2 %, il est possible d'envisager une sous-population d'échantillonnage correspondant au nombre d'animaux abattus pendant une journée de fonctionnement de l'abattoir.

Pour des TPL de plus de 2 %, (ce qui représente, pour une capacité de 5 000 porcs charcutiers/jour, 100 porcs saignés et considérés conscients par jour) la sous-population d'échantillonnage recommandée est le lot. Dans ce cas, plusieurs lots sont à contrôler dans la journée afin de déterminer s'il existe une variabilité inter-lots et de mettre en évidence très rapidement tout écart par rapport à l'objectif attendu. Le RPA doit alors étudier et mettre en place les possibilités d'amélioration le plus rapidement possible. La sous-population d'échantillonnage proposée est donc le lot pour ces taux de prévalence d'échecs, avec un nombre d'animaux inclus dans l'échantillon quotidien représentant au moins 5 % des animaux abattus dans la journée, ce qui permet d'avoir un nombre d'animaux suffisant à répartir dans plusieurs lots.

Dans tous les cas, les observations doivent être effectuées chaque jour et en conservant le caractère aléatoire du choix des porcs dans un lot. L'effectif « n » doit être réparti sur au moins deux périodes d'observations quotidiennes.

Tableau 3 : Taille de l'échantillon recommandée en fonction du TPL, de la capacité de l'abattoir, et de la sous-population d'échantillonnage

TPL	Capacité de l'abattoir/jour	Taille de l'échantillon lorsque la sous-population d'échantillonnage est l'activité journalière	Capacité de l'abattoir/semaine	Taille de l'échantillon (n) lorsque la sous-population d'échantillonnage est l'activité hebdomadaire (PC par semaine/ par jour)
0,1 %	<200	Pas d'échantillonnage possible	<1000	Pas d'échantillonnage possible
	201-1 000	Pas d'échantillonnage possible	1001-5 000	2300/460
	1001-5 000	2300	5001-25 000	2881/576
	5 001-10 000	2642	25 001-50 000	2967/593
0,5 %	<200	Pas d'échantillonnage possible	<1000	459/92
	201-1 000	459	1001-5 000	575/115
	1001-5 000	575	5001-25 000	1250/250
	5 001-10 000	592	25 001-50 000	2500*/500
1 %	<200	158		
	201-1 000	263		
	1001-5 000	295		
	5 001-10 000	500*		
2 %	<200	107		
	201-1 000	131		
	1001-5 000	250*		
	5 001-10 000	500*		

* : la taille de l'échantillon est portée à 5% de la sous-population d'échantillonnage

Dans ce tableau, le calcul de la taille de l'échantillon a été réalisé à partir de la borne supérieure de la capacité de l'abattoir. Les chiffres peuvent être retrouvés dans l'Annexe 4 du rapport.

3.5.2.Recommandations

Recommandations générales

Les experts recommandent que la stratégie développée dans cet avis soit mise en place dans tous les abattoirs de porcs en France pour :

- aider les abattoirs 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 les guides de bonnes pratiques de protection animale en abattoir.

L'abattoir et/ou le gestionnaire pourrai(en)t définir des objectifs pour le taux de prévalence d'animaux déclarés conscients après l'étourdissement. Ceci devrait être fait lors de la mise en œuvre du protocole d'échantillonnage pour définir les performances initiales (T_0) et pour s'assurer que les objectifs du T_1 sont bien atteints en routine. La pression de surveillance est augmentée pour des taux de prévalence de plus de 2 %, jugés importants, afin de réagir très rapidement. Une réaction rapide doit permettre la mise en place d'actions correctrices en conséquence. Le gestionnaire pourrait déterminer les actions correctrices à mettre en place et le pas de temps imposé pour que le taux de prévalence d'échecs à l'étourdissement rejoigne le seuil qu'il a établi.

Afin que la surveillance par échantillonnage soit opérationnelle, il est recommandé que sa mise en œuvre soit accompagnée de formations pour, en particulier, les responsables d'abattoirs et les RPA afin qu'ils s'approprient les concepts et les outils du plan d'échantillonnage.

Une des hypothèses sur lesquelles repose le plan d'échantillonnage proposé est la stabilité dans le temps de la sous-population d'échantillonnage et du procédé d'étourdissement. Cette condition devra faire l'objet d'une attention particulière, tout spécialement lorsque la sous-population d'échantillonnage est supérieure au lot, par exemple correspondant au nombre d'animaux abattus durant la journée ou durant la semaine de fonctionnement de l'abattoir. L'échantillonnage doit tenir compte des modifications éventuelles de l'efficacité de l'étourdissement et de l'hétérogénéité de la population à échantillonner. En cas de modification de l'efficacité et d'hétérogénéité constatée, le plan d'échantillonnage doit être adapté.

Le plan prévoit deux phases :

- Pendant la période initiale, le taux de prévalence d'échecs à l'étourdissement (T_0) de l'abattoir est estimé. Il est recommandé que cette phase soit mise en œuvre également lors de changements significatifs de la chaîne d'abattage (changement de personnel ou changement de matériel, etc.).
- Pendant la seconde période, des contrôles de taux de prévalence limite (T_1) quotidiens doivent montrer que les objectifs sont atteints. Ces objectifs peuvent être une amélioration des performances pour descendre vers des valeurs de taux de prévalence d'échecs à l'étourdissement fixées en dessous du T_0 .

Cette analyse a été conduite avec les outils de détection opérationnels existant actuellement. Ils font appel essentiellement à la détection visuelle ou, pour certains, nécessitent une intervention du RPA. Les experts recommandent que soient encouragées toutes les démarches de formation des opérateurs et RPA à la détection des indicateurs de conscience. La détection des échecs à l'étourdissement pourra être complétée et améliorée à l'avenir par des outils automatisés.

Ce travail d'échantillonnage doit s'inscrire dans la démarche HACCP globale de l'établissement.

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

Le présent avis comme le rapport associé concernent uniquement les porcs charcutiers.

Les concepts et outils développés dans ce rapport devraient être utilisables pour établir des stratégies similaires sur d'autres catégories de porcs non prises en compte dans ce travail tels que les verrats, truies et porcelets, qui présentent des niveaux de risque d'échecs à l'étourdissement différents (Efsa 2013). Ils pourront également être utilisés, probablement avec des aménagements, pour les autres espèces d'intérêt.

Il serait utile que ce contrôle de second niveau soit tracé et enregistré par le RPA. Les résultats et les conditions de réalisation (par exemple, enregistrements fait par les opérateurs, caractéristiques des lots de porcs, enregistrement des indicateurs de fonctionnement des appareils d'étourdissement, interventions sur les appareils, etc.) en feront un outil de suivi des bonnes pratiques de protection des animaux pour le gestionnaire.

Il sera intéressant qu'après une phase de test de mise en œuvre de ces contrôles dans tous les abattoirs français, une réévaluation du protocole proposé soit envisagée par les instances scientifiques.

Comme indiqué dans le corps du rapport associé au présent Avis, il est nécessaire de s'assurer :

- de la stabilité dans le temps des caractéristiques de la sous-population d'échantillonnage ;
- de la stabilité dans le temps de l'efficacité du matériel d'étourdissement,
- du caractère aléatoire de la sélection des porcs de l'échantillon et de la période d'observation en cas de répartition de l'échantillon sur la semaine,
- du choix de la combinaison optimale d'indicateurs tenant compte du contexte de l'abattoir et de la stratégie d'échantillonnage.

Les experts proposent quelques recommandations techniques, notamment en ce qui concerne les contrôles de second niveau pour des abattoirs utilisant un étourdissement gazeux afin de conserver la caractéristique de sélection aléatoire des animaux de l'échantillon :

- le choix de l'animal observé en sortie de nacelle doit se porter soit sur un animal conscient qui attire l'attention du RPA, soit de façon aléatoire,
- la combinaison d'indicateurs utilisée pour détecter un animal conscient dans le cas d'un étourdissement gazeux doit être la meilleure possible en fonction de la situation considérée.

Il est rappelé que des indicateurs caractérisant une possible reprise de conscience après la saignée ne sont pas pris en compte dans ce travail. En effet, la période d'abattage pris en considération correspond, comme indiqué en début de rapport, à la partie post-étourdissement jusqu'au début de la saignée.

Les experts recommandent que soit conduit un travail similaire de contrôle de second niveau en adaptant chacun des éléments à la période de la saignée ou aux autres catégories de production porcines (par exemple, porcelets, truies, verrats) en utilisant la méthodologie développée dans le corps du rapport associé au présent Avis.

Recommandations de recherche

Les experts, au terme de ce travail, recommandent :

- que soient centralisées, pour chaque système d'étourdissement, les données concernant l'efficacité de l'outil de façon à pouvoir 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 indicateurs de conscience/inconscience et certaines expressions physiques (par exemple, pédalage) avec les caractéristiques neurologiques ;
- que soit améliorée l'efficacité des systèmes d'étourdissement et développer de nouveaux systèmes ;
- que soit amélioré le suivi de l'étourdissement (c'est-à-dire un monitoring automatique en plus de la surveillance humaine).

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 porcs 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 dispose¹⁵ 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 (pour la catégorie des porcs charcutiers et pour l'étape d'étourdissement avant saignée).

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%) 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 une application R.Shiny disponible en ligne et permettant une entrée par procédé d'étourdissement utilisé.

L'Anses insiste sur l'importance que ce contrôle de second niveau soit tracé et enregistré par le responsable de la protection animale¹⁶. Ce dernier a d'ailleurs l'obligation générale de tenir un

¹⁵ Article 3 du règlement 1099/2009/CE

¹⁶ RPA, prévu par l'article 17 du règlement 1099/2009/CE

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 (par exemple, enregistrements faits par les opérateurs, caractéristiques des lots de porcs, 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.

Au niveau de l'interprofession porcine, 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 pour les autorités sanitaires constitueraient une mesure objective de l'amélioration continue.

Enfin, l'Anses rappelle qu'elle a mené cette expertise qui a abouti, pour une catégorie spécifique (les porcs charcutiers) et pour une étape précise qui est l'étape d'étourdissement avant 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

MOTS-CLÉS

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

KEY WORDS

Animal welfare, pigs, slaughter, slaughterhouse, sampling, control plan, second level control, poeple in charge of animal protection, indicator, expert elicitation, unconsciousness, consciousness, stunning, electrical stunning, carbon dioxide stunning.

ANNEXE : ELEMENTS RÉVISÉS DE L'AVIS DE 25/03/2019

Les corrections apportées dans le Tableau 3 de cet avis visent à harmoniser le contenu de ce Tableau avec le contenu du texte de la conclusion.

Tableau 4 : Présentation des éléments ayant fait l'objet de la révision du rapport

Avis du 25/03/2019				
TPL	Capacité de l'abattoir/jour	Taille de l'échantillon lorsque la sous-population d'échantillonnage est l'activité journalière	Capacité de l'abattoir/semaine	Taille de l'échantillon (n) lorsque la sous-population d'échantillonnage est l'activité hebdomadaire (PC par semaine/ par jour)
0,1 %	<200	Pas d'échantillonnage possible	<1000	Pas d'échantillonnage possible
	200-1 000	Pas d'échantillonnage possible	1001-5 000	2300/460
	1001-5 000	2300	5001-25 000	2881/576
	5 001-10 000	2642	25 001-50 000	2967/593
0,5 %	<200	Pas d'échantillonnage possible	<1000	(par jour) 459
	200-1 000	459	1001-5 000	(par jour) 575
	1001-5 000	575	5001-25 000	1250/250
	5 001-10 000	592	25 001-50 000	2500*/500
1 %	<200	158	<1000	263/-
	200-1 000	263	1001-5 000	295/-
	1001-5 000	295	5001-25 000	1250/250*
	5 001-10 000	500*	25 001-50 000	2500/500*
2%	<200	107	<1000	131/-
	200-1 000	131	1001-5 000	250*/-
	1001-5 000	250*	5001-25 000	1250/250*
	5 001-10 000	500*	25 001-50 000	2500/500*
3%	<200	79	<1000	91/-
	200-1 000	91	1001-5 000	250/-
	1001-5 000	250*	5001-25 000	1250/250*
	5 001-10 000	500*	25 001-50 000	2500/500*
4%	<200	63	<1000	70
	200-1 000	70	1001-5 000	250
	1001-5 000	250*	5001-25 000	1250/250*
	5 001-10 000	500*	25 001-50 000	2500/500*

* : la taille de l'échantillon est portée à 5% de la sous-population d'échantillonnage
 En grisé dans le tableau : situations où il est possible de considérer une sous-population d'échantillonnage correspondant aux animaux abattus durant une journée de fonctionnement ou une semaine dans les cas où le taux de prévalence (inférieur à 0,5 %) le permet (cf. ci-après).

Avis révisé du 17/04/2019				
TPL	Capacité de l'abattoir/jour	Taille de l'échantillon lorsque la sous-population d'échantillonnage est l'activité journalière	Capacité de l'abattoir/semaine	Taille de l'échantillon (n) lorsque la sous-population d'échantillonnage est l'activité hebdomadaire (PC par semaine/ par jour)
0,1 %	<200	Pas d'échantillonnage possible	<1000	Pas d'échantillonnage possible
	201-1 000	Pas d'échantillonnage possible	1001-5 000	2300/460
	1001-5 000	2300	5001-25 000	2881/576
	5 001-10 000	2642	25 001-50 000	2967/593
0,5 %	<200	Pas d'échantillonnage possible	<1000	459/92
	201-1 000	459	1001-5 000	575/115
	1001-5 000	575	5001-25 000	1250/250
	5 001-10 000	592	25 001-50 000	2500*/500
1 %	<200	158		
	201-1 000	263		
	1001-5 000	295		
	5 001-10 000	500*		
2 %	<200	107		
	201-1 000	131		
	1001-5 000	250*		
	5 001-10 000	500*		

* : la taille de l'échantillon est portée à 5% de la sous-population d'échantillonnage
 Dans ce tableau, le calcul de la taille de l'échantillon a été réalisé à partir de la borne supérieure de la capacité de l'abattoir. Les chiffres peuvent être retrouvés dans l'Annexe 4 du rapport.

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

Auto Saisine « 2015-SA-0087 ÉCHANTILLONNAGE »

RAPPORT*

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

« Groupe de travail bien-être animal »

« GT Échantillonnage »

Juin 2018

* : Rapport révisé le 25/04/2019. Les révisions apparaissent dans le tableau en Annexe 8 du présent rapport révisé.

Mots clés

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

Key words

Animal welfare, pigs, slaughter, slaughterhouse, sampling, control plan, second level control, people in charge of animal protection, indicator, expert elicitation, unconsciousness, consciousness, stunning, electrical stunning, carbon dioxide stunning.



Présentation des intervenants

PRÉAMBULE : 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

GROUPE DE TRAVAIL GT BEA

Président

M. Pierre MORMEDE – INRA Toulouse + physiologie du stress, physiologie du comportement, neurobiologie, psychobiologie, neuroendocrinologie, génétique, bien-être du porc

Membres

Mme Lucille BOISSEAU-SOWINSKI - Université de Limoges + droit animalier

M. Alain BOISSY – INRA Clermont + éthologie, psychobiologie, physiologie du comportement, physiologie du stress, zootechnie, filière ruminants

M. Xavier BOIVIN – INRA Clermont + éthologie, sociologie du bien-être animal, zootechnie, bien-être des ruminants et des chevaux

M. Jean-Claude DESFONTIS – ONIRIS + physiopathologie, physiologie du stress, pharmacologie, animaux de laboratoire, réglementation de l'expérimentation animale

Mme Claire DIEDERICH – Université de Namur (Belgique) + Ethologie des animaux domestiques, Bien-Etre animal, Ethologie appliquée, Anatomie

M. John EDDISON – Retraité Université de Plymouth + éthologie, bien-être animal, animaux sauvages, animaux de zoos

Mme Agnès FABRE – ENVA + réglementation du bien-être animal, physiologie, éthologie

Mme Caroline GILBERT – ENVA + éthologie, physiologie du comportement, faune sauvage

M. Jean Luc GUICHET – Université de Picardie Jules Verne + Philosophie, questions éthiques et juridiques relatives à l'animal

Mme Martine HAUSBERGER – Laboratoire d'éthologie animale et humaine CNRS Rennes + éthologie, relations homme-animal, bien être du cheval

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

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

Mme Marie-Christine MEUNIER-SALAÜN – INRA Rennes + éthologie, physiologie du stress, physiologie du comportement, zootechnie, bien-être du porc

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

M. Luc MOUNIER – VetAgro Sup Lyon + physiologie du stress, physiologie du comportement, zootechnie, filière bovins

Mme Birte NIELSEN – INRA Jouy-en-Josas + physiologie du comportement, physiologie du stress, éthologie, zootechnie, filière bovins, porcs et volailles

Mme Armelle PRUNIER – INRA Rennes + physiologie du stress, neuroendocrinologie, zootechnie, bien-être du porc

M. Yannick RAMONET – Chambre régionale d'agriculture de Bretagne + zootechnie, alimentation animale, filière porcs

Mme Gwenola Touzot-Jourde – ONIRIS Ecole Nationale Vétérinaire + Anesthésie-Réanimation, bien être cheval

M. Philippe VANNIER – Retraité ANSES + santé et bien-être des animaux

COMITÉ D'EXPERTS SPÉCIALISÉ

Les travaux, objets du présent rapport, ont été suivis et adoptés par le CES suivant :

■ CES SABA – Date :

Président

M. Etienne THIRY – Faculté de médecine vétérinaire de Liège (BE) – Compétences en virologie, immunologie.

Membres

Mme Suzanne BASTIAN – ONIRIS Nantes – Compétences en épidémiologie, bactériologie, parasitologie.

Mme Catherine BELLOC - ONIRIS Nantes – Compétences en Médecine des animaux d'élevage, monogastriques.

M. Alain BOISSY – INRA – Compétences en éthologie, bien-être animal, ruminants, zootechnie.

M. Jordi CASAL - Universitat Autònoma de Barcelona (ES) – Compétences en zoonose, épidémiologie quantitative, maladies animales exotiques, analyse quantitative des risques.

M. Christophe CHARTIER – ONIRIS Nantes – Compétences en parasitologie, maladie des petits ruminants, technique d'élevage, épidémiologie.

M. Eric COLLIN – Vétérinaire praticien – Compétences en maladie des ruminants.

M. Frédéric DELBAC – CNRS – Compétences en abeilles, épidémiologie, parasitologie, microbiologie.

Mme Barbara DUFOUR – ENV Alfort – Compétences en épidémiologie, maladies infectieuses, maladie des ruminants.

M. Guillaume FOURNIÉ - Royal Veterinary College (UK) – Compétences en évaluation des risques quantitative et qualitative, modélisation, épidémiologie.

M. Jean-Pierre GANIÈRE – ONIRIS Nantes – Compétences en maladies contagieuses, réglementation, zoonoses.

M. Dominique GAUTHIER - Laboratoire départemental 05 – Compétences en faune sauvage, lagomorphes, méthodes de diagnostic.

M. Etienne GIRAUD – INRA – Compétences en antibiorésistance, environnement, approche globale de la santé animale.

M. Jacques GODFROID - Université Arctique de Norvège (NO) – Compétences en évaluation des risques, zoonose, épidémiologie, tuberculose, bactériologie, faune sauvage marine.

M. Jean-Luc GUÉRIN – ENVT – Compétences en maladie des volailles et lagomorphes, immunologie, virologie, zoonose et santé publique.

M. Jean GUILLOTIN – Laboratoire départemental 59 – Généraliste, compétences en méthodes de diagnostic, porcs, faune sauvage.

Mme Nadia HADDAD – Anses UMR BIPAR, ENV Alfort – Compétences en microbiologie, épidémiologie, maladies contagieuses.

M. Jean HARS – Office national de la chasse et de la faune sauvage – Compétences en maladie de la faune sauvage libre, épidémiologie.

Mme Véronique JESTIN – Ex-directrice de recherche et ex-responsable d'unité et du Laboratoire National de Référence Influenza aviaire, Anses Laboratoire de Ploufragan-Plouzané (virologie, infectiologie, pathologie aviaire, vaccinologie, méthodes de diagnostic, analyse de risque).

Mme Elsa JOURDAIN – INRA – Compétences en zoonoses, épidémiologie quantitative, faune sauvage.

Mme Claire LAUGIER – Anses Dozulé – Compétences en maladie équine, diagnostic de laboratoire.

Mme Monique L'HOSTIS – Ex-Professeur à Oniris – Généraliste, compétences en parasitologie, abeilles, faune sauvage.



Mme Coralie LUPO – IFREMER – Compétences en épidémiologie, maladies aviaire et aquacole.

M. Gilles MEYER – ENV Toulouse – Compétences en maladie des ruminants, virologie.

M. Pierre MORMÈDE – INRA Toulouse – Compétences en génétique du stress, endocrinologie, bien-être animal.

Mme Carine PARAUD – Anses – Compétences en statistiques, maladie des petits ruminants, parasitologie de terrain.

Mme Claire PONSART – Anses – Compétences en épidémiologie, bactériologie, statistiques, virologie, maladie de la reproduction.

Mme Nathalie RUVOEN – ONIRIS Nantes – Compétences en maladies contagieuses, zoonoses, réglementation

M. Claude SAEGERMAN – Faculté de médecine vétérinaire de Liège – Compétences en épidémiologie, maladies contagieuses, maladies émergentes.

M. Stéphan ZIENTARA – Anses Laboratoire de santé animale de Maisons-Alfort – Compétences en virologie.

PARTICIPATION ANSES

Contribution scientifique

Mme Anne Thébault- Unité Etudes & Méthodes-Anses

Coordination scientifique

Mme Julie CHIRON – Coordinateur scientifique – Unité d'évaluation des risques en santé alimentation et bien-être des animaux - Anses

Mme Florence ÉTORÉ – Adjointe – – Unité d'évaluation des risques en santé alimentation et bien-être des animaux - Anses

Secrétariat administratif

M. Régis MOLINET – Anses

SOMMAIRE

Présentation des intervenants	3
SOMMAIRE	7
Sigles	11
Liste des tableaux	12
Liste des figures	15
PARTIE 1 : MÉTHODOLOGIE	16
1 Glossaire	17
2 Contexte, attendus et objectifs de l'autosaisine.....	20
2.1 Contexte	20
2.2 Rappels règlementaires	22
2.3 État des lieux sur la situation Européenne quant aux contrôles par échantillonnage dans les abattoirs	22
2.4 Enjeux	23
2.5 Attendus, périmètre et objectifs du travail d'expertise	23
3 Considérations sur les techniques d'échantillonnage	26
3.1 Éléments préliminaires à l'établissement d'un plan de contrôle par échantillonnage	26
3.2 Objectifs d'un plan de contrôle par échantillonnage	27
3.2.1 Estimation du taux de prévalence initial d'échecs à l'étourdissement (T_0).....	27
3.2.2 Suivi du taux de prévalence d'échecs à l'étourdissement en vue de son amélioration	28
4 Détection de la conscience en abattoir.....	29
4.1 Conscience : concept et structures cérébrales impliquées	29
4.1.1 Structures cérébrales impliquées dans le contenu de la conscience.....	29
4.1.2 Structures cérébrales impliquées dans le niveau de la conscience.....	31
4.2 Étourdissement	32
4.2.1 Étourdissement électrique.....	32
4.2.2 Étourdissement gazeux.....	32
4.2.3 Étourdissement par tige perforante.....	34
4.3 La ré-application de la procédure d'étourdissement	35
4.4 Différentes étapes et positionnements possibles du RPA	36
4.5 Indicateurs utilisés pour l'évaluation de la conscience à l'abattoir	38
4.5.1 Indicateurs utilisés pour évaluer la conscience en abattoir : définitions et interprétations	39
4.5.1.1 Absence d'effondrement	39
4.5.1.2 Présence de tentatives de redressement de la tête et/ou du corps.....	39



4.5.1.3	Présence de vocalisations.....	39
4.5.1.4	Absence de phase tonique.....	39
4.5.1.5	Présence de clignements spontanés des yeux	40
4.5.1.6	Présence de poursuite oculaire (les yeux suivent les mouvements apparaissant dans le champ de vision).....	40
4.5.1.7	Présence de réflexes oculaires	40
4.5.1.8	Présence de réaction à la menace	41
4.5.1.9	Présence de mouvements respiratoires rythmiques.....	41
4.5.1.10	Présence de réponse à un stimulus nociceptif	42
4.5.2	Autres indicateurs utilisés pour évaluer la conscience en abattoir.....	43
4.5.2.1	Présence de rotation du globe oculaire	43
4.5.2.2	Présence de nystagmus.....	43
4.5.3	Contexte et conditions d'observation des indicateurs de conscience	44
4.5.4	Sensibilité et spécificité des indicateurs de conscience.....	45
4.6	Choix des indicateurs de conscience	45
5	Évaluation quantitative de la sensibilité et de la spécificité des indicateurs de conscience et de leur combinaison.....	48
5.1	Contexte de l'élicitation.....	48
5.2	Objectif de l'élicitation.....	49
5.3	Méthode d'élicitation pour l'évaluation des performances des indicateurs et de leurs combinaisons	50
5.3.1	Choix d'une élicitation formalisée.....	50
5.3.2	Choix d'une méthode d'élicitation : la méthode Sheffield.....	51
5.3.2.1	Choix de la distribution des performances des indicateurs	51
5.3.2.2	Choix des valeurs à éliciter pour déterminer la distribution de valeurs ou incertitude sur la valeur recherchée	52
5.3.2.3	Choix des experts pour l'élicitation	54
5.3.3	Elicitation de la faisabilité de la combinaison des indicateurs	54
5.3.4	Performances d'une combinaison d'indicateurs testés en parallèle	54
5.3.5	Pertinence et limites de l'établissement des performances des indicateurs	55
5.4	Résultats et conclusions de l'élicitation.....	56
5.4.1	Performances des indicateurs en étourdissement électrique	56
5.4.2	Faisabilité des combinaisons d'indicateurs dans le cas de l'étourdissement électrique	59
5.4.3	Performances des combinaisons d'indicateurs dans le cas de l'étourdissement électrique.....	59
5.4.4	Performances des indicateurs en étourdissement gazeux	60
5.4.5	Faisabilité des combinaisons d'indicateurs dans le cas de l'étourdissement gazeux	62
5.4.6	Performances de combinaisons d'indicateurs dans le cas de l'étourdissement gazeux.....	64
6	Recueil de données en abattoirs pour estimer leurs taux de prévalence d'échecs à l'étourdissement	65
6.1	Contexte de l'abattage des porcs en France.....	65
6.2	Objectif du recueil de données.....	67
6.3	Matériel et méthode	67
6.4	Résultats	68
6.4.1	Description des abattoirs étudiés	68

6.4.2	Taux de prévalence des échecs à l'étourdissement	69
6.4.2.1	Dispositif d'étourdissement électrique	69
6.4.2.2	Dispositif d'étourdissement gazeux	70
6.4.3	Facteurs de risque d'échec à l'étourdissement	70
6.4.4	Caractéristiques des échecs à l'étourdissement	71
6.4.4.1	Lots	71
6.4.4.2	Individus	72
6.4.4.3	Influence de la position de l'animal dans le lot sur l'échec à l'étourdissement	73
6.5	Conclusions.....	73
PARTIE 2 : RÉSULTATS « PLANS DE CONTRÔLE PAR ÉCHANTILLONNAGE » . 74		
7	Proposition d'une stratégie d'échantillonnage	75
7.1	Considérations préalables	75
7.1.1	Rappels sur les notions de prévalence attendu, de taux de prévalence limite (TPL) et de sous-population d'échantillonnage	75
7.1.2	Taille de la sous-population d'échantillonnage	76
7.1.3	Tailles limites de l'échantillon	76
7.1.4	Prise en compte des performances des indicateurs et du type d'étourdissement	77
7.2	Taille de l'échantillon pour estimer un taux de prévalence apparente (T_0) et suivre un taux de prévalence limite (T_1)	77
7.2.1	T_0 : estimation initiale d'un taux de prévalence apparente	77
7.2.2	T_1 : suivi d'un taux de prévalence limite après l'établissement du T_0	77
7.3	Effet de différents paramètres sur la taille de l'échantillon dans le cas de l'évaluation de T_1 en étourdissement électrique	79
7.3.1	Effet de l'incertitude de la valeur de sensibilité globale de la combinaison d'indicateurs de conscience	79
7.3.2	Effets du taux de prévalence limite et de la taille de la sous-population d'échantillonnage ..	80
7.4	Scénarios d'échantillonnage à envisager dans le cas de T_1, en étourdissement électrique	83
7.4.1	Exemple de scénario possible pour un gros abattoir	84
7.4.2	Exemple de scénario possible pour un abattoir moyen	84
7.4.3	Scénarios de plans d'échantillonnage possibles pour un TPL de 5 %	85
7.4.4	Scénarios de plans d'échantillonnage possibles pour un TPL de 1 %	86
7.4.5	Scénarios de plans d'échantillonnage possibles pour un TPL de 0,1 %	89
7.4.6	Caractère aléatoire de l'échantillonnage et répartition dans le temps	90
8	Incertitudes	92
9	Conclusion	97
10	Recommandations	99
10.1	Recommandations générales	99
10.2	Recommandations de recherche.....	101

11	Bibliographie	102
11.1	Publications	102
11.2	Normes	109
11.3	Législation et réglementation	109
	ANNEXES	110
	Annexe 1 : Autosaisine	111
	Annexe 2 : Variations de la taille de l'échantillon selon le taux de prévalence limite et la sous-population d'échantillonnage.....	114
	Annexe 3 : Détails des équations permettant le calcul de la taille des échantillons à prévoir pour estimer un T_0 ou un T_1	118
	Annexe 4 : Taille des échantillons selon les combinaisons d'indicateurs utilisées en étourdissement électrique et gazeux	120
	Annexe 5 : Scénarios de plans d'échantillonnage pour un TPL de 0,5 % et 0,25 %.....	123
	Annexe 6 : Tutoriel pour l'utilisation de l'application en ligne permettant d'obtenir un plan d'échantillonnage en fonction des indicateurs choisis	127
	Annexe 7 : Elicitation de connaissances d'experts selon la méthode Sheffield	131
	Annexe 8 : Éléments révisés du rapport du 25/03/2019	131

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 : 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

RPA : Responsable de la protection animale de l'abattoir

TPL : Taux de prévalence limite

Liste des tableaux

Tableau 1 : Facteurs de risque pour la protection animale pour les porcs étourdis par un système électrique (2 points) ou gazeux (adapté de EFSA 2013 p15§2.3, cf. Table 10) _____	26
Tableau 2 : Indicateurs utilisés pour l'évaluation de la conscience à l'abattoir _____	38
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 ____	44
Tableau 4 : Indicateurs de conscience utilisés à l'abattoir pour le protocole d'échantillonnage pour l'espèce porc _____	47
Tableau 5 : Paramètres de sensibilité et spécificité retenus pour chaque indicateur après élicitation collective dans le cas de l'étourdissement électrique _____	57
Tableau 6 : Combinaisons d'indicateurs faisables selon les contextes décrits dans le cas de l'étourdissement électrique _____	59
Tableau 7 : Sensibilité globale de la combinaison d'indicateurs dans le cas de l'étourdissement électrique (100 000 itérations, convergence à la 3 ^{ème} décimale) _____	60
Tableau 8 : Paramètres de sensibilité et de spécificité retenus pour chaque indicateur après élicitation dans le cas de l'étourdissement gazeux _____	60
Tableau 9 : Combinaisons d'indicateurs faisables selon les contextes et les conditions décrits dans le cas de l'étourdissement gazeux _____	63
Tableau 10 : Sensibilité globale des combinaisons dans le cas de l'étourdissement gazeux ____	64
Tableau 11 : Répartition des abattoirs en fonction de l'activité journalière pour l'année 2016 (source DGAL, 2016) _____	66
Tableau 12 : Description des caractéristiques de l'échantillon ayant servi à l'estimation du taux de prévalence des échecs à l'étourdissement dans les abattoirs français _____	68
Tableau 13 : Caractéristiques des lots de porcs étudiés, étourdissement électrique _____	69
Tableau 14 : Caractéristiques des lots de porcs étudiés dans l'échantillon, étourdissement gazeux _____	70
Tableau 15 : Recherche de facteurs de risques d'échec à l'étourdissement _____	71
Tableau 16 : Nombre d'individus présentant au moins un indicateur de conscience par lot ____	72
Tableau 17 : Indicateur(s) de conscience et nombre d'indicateurs présentés par les animaux identifiés comme conscients _____	72
Tableau 18 : Nombres de porcs étourdis suivant les deux procédés présentant au moins un indicateur de conscience en début, milieu et fin de chaîne d'abattage _____	73
Tableau 19 : Taille médiane (et intervalle de crédibilité ou de confiance à 95 %) de l'échantillon nécessaire pour détecter un TPL en fonction de la taille de la sous-population d'échantillonnage des échecs à un étourdissement de type électrique _____	79
Tableau 20 : Taille de l'échantillon en nombre d'animaux et en pourcentage de la taille de la sous-population d'échantillonnage en fonction du TPL et de la taille de la sous-population	

d'échantillonnage avec un niveau de confiance de 95 % lorsque la sous-population d'échantillonnage est le lot d'animaux _____ 80

Tableau 21 : Taille de l'échantillon en nombre d'animaux et en pourcentage de la taille de la sous-population d'échantillonnage en fonction du taux de prévalence limite (TPL) des échecs à l'étourdissement et de la taille de la sous-population d'échantillonnage (niveau de confiance fixé à 95 %) lorsque la sous-population d'échantillonnage est la population abattue quotidiennement _____ 81

Tableau 22 : Taille de l'échantillon en nombre d'animaux et en pourcentage de la taille de la sous-population d'échantillonnage nécessaire en fonction de la taille de la sous-population d'échantillonnage (par exemple : nombre d'animaux abattus par semaine) pour un TPL de 0,1 % lorsque la sous-population d'échantillonnage est la population abattue durant une semaine _____ 81

Tableau 23 : Taille de l'échantillon en nombre d'animaux (et en % de la sous-population d'échantillonnage) en fonction de la taille de la sous-population d'échantillonnage et du TPL _____ 84

Tableau 24 : Taille de l'échantillon par sous-population d'échantillonnage (le lot) pour un TPL de 5 % _____ 85

Tableau 25 : Quelques exemples de scénarios relatifs à la périodicité de l'échantillonnage _____ 86

Tableau 26 : Taille de l'échantillon par sous-population d'échantillonnage (le lot) pour un TPL de 1 % _____ 87

Tableau 27 : Taille de l'échantillon par sous-population d'échantillonnage (journée d'abattage) pour un TPL de 1 % _____ 87

Tableau 28 : Quelques exemples de scénarios relatifs à la périodicité de l'échantillonnage pour un TPL de 1 % _____ 88

Tableau 29 : Taille de l'échantillon nécessaire en fonction de la taille de la sous-population d'échantillonnage (par exemple : nombre d'animaux abattus par semaine) (niveau de confiance fixé à 95 %) pour un TPL de 0,1 % _____ 89

Tableau 30 : Quelques exemples de scénarios relatifs à la périodicité de l'échantillonnage _____ 90

Tableau 31 : Exemple de répartition des périodes d'observation pour une semaine de fonctionnement avec 10 périodes par jour dont deux (en gris) sont consacrées à l'observation _____ 91

Tableau 32 : 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 _____ 93

Tableau 33 : Taille de l'échantillon à observer en fonction du TPL, de la capacité de l'abattoir, et de la sous-population d'échantillonnage _____ 97

Tableau 34 : tailles d'échantillon (valeurs médianes) en fonction du TPL et de la taille de la sous-population d'échantillonnage pour l'étourdissement électrique _____ 120

Tableau 35 : tailles d'échantillon (valeurs médianes) en fonction du TPL et de la taille de la sous-population d'échantillonnage pour l'étourdissement gazeux et pour la combinaison d'indicateurs : absence effondrement + présence de redressement + présence de vocalisation + présence de reflexe cornéen _____ 120

Tableau 36 : tailles d'échantillon (valeurs médianes) en fonction du TPL et de la taille de la sous-population d'échantillonnage pour l'étourdissement gazeux et pour la combinaison

d'indicateurs : absence effondrement + présence de redressement + présence de vocalisation + présence de réponse à un stimulus nociceptif _____ 121

Tableau 37 : tailles d'échantillon (valeurs médianes) en fonction du TPL et de la taille de la sous-population d'échantillonnage pour l'étourdissement gazeux et pour la combinaison d'indicateurs : absence effondrement + présence de redressement + présence de vocalisation + présence de clignement spontané des paupières + présence de poursuite oculaire ____ 121

Tableau 38 : tailles d'échantillon (valeurs médianes) en fonction du TPL et de la taille de la sous-population d'échantillonnage pour l'étourdissement gazeux et pour la combinaison d'indicateurs : présence de redressement + présence de vocalisation + présence de clignement spontané des paupières _____ 121

Tableau 39: Taille de l'échantillon en nombre d'animaux et en pourcentage de la taille de la sous-population d'échantillonnage nécessaire en fonction de la taille de la sous-population d'échantillonnage (niveau de confiance fixé à 95 %) pour un TPL de 0,5 % _____ 123

Tableau 40 : Quelques exemples de scénarios relatifs à la périodicité de l'échantillonnage ____ 124

Tableau 41 : Taille de l'échantillon en nombre d'animaux et en pourcentage de la taille de la sous-population d'échantillonnage nécessaire en fonction de la taille de la sous-population d'échantillonnage (niveau de confiance fixé à 95 %) pour un TPL de 0,25 % _____ 125

Tableau 42 : Quelques exemples de scénarios relatifs à la périodicité de l'échantillonnage ____ 126

Liste des figures

Figure 1 : Schéma conceptuel du travail d'expertise (les numéros dans les bulles se réfèrent aux chapitres du rapport)	25
Figure 2 : Cortex primaire chez l'humain. Chez les autres mammifères, les emplacements de ces régions sont similaires (Communication personnelle C. Terlouw)	30
Figure 3 : Cortex associatifs chez l'humain. Chez les autres mammifères, les emplacements de ces régions sont similaires (Communication personnelle C. Terlouw)	30
Figure 4 : Coupe sagittale de cerveau permettant de localiser les principales structures intervenant dans la description fonctionnelle des indicateurs de conscience (Communication personnelle C. Terlouw)	31
Figure 5 : Positionnements possibles du RPA pour le contrôle de l'étourdissement électrique	36
Figure 6 : Positionnement possible du RPA pour le contrôle de l'étourdissement gazeux	37
Figure 7 : Différentes formes de la fonction de répartition en fonction de l'incertitude /probabilité (axe Y) autour d'une valeur (axe X) non connue.	52
Figure 8 : 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	53
Figure 9 : Distributions des valeurs selon une loi bêta des sensibilités et spécificités des différents indicateurs de conscience après étourdissement électrique	58
Figure 10 : Distributions des valeurs selon une loi bêta des sensibilités et spécificités des différents indicateurs de conscience après étourdissement gazeux	62
Figure 11 : Part relative de la production représentée par un certain nombre d'abattoirs (données DGAI 2016, sur porc charcutier, en nombre de têtes)	66
Figure 12 : Règles de choix du TPL pour un suivi par échantillonnage	78
Figure 13 : Règles de décisions pour le choix de la sous-population d'échantillonnage dans le cadre du T_1	82
Figure 14 : Taille de l'échantillon en fonction du TPL, pour différentes sous-populations d'échantillonnage	114
Figure 15 : Taille de l'échantillon en fonction de la taille de la sous-population d'échantillonnage et du taux de prévalence limite pour les petits abattoirs	115
Figure 16 : Taille de l'échantillon en fonction du taux de prévalence limite pour différentes sous-populations d'échantillonnage pour les moyens abattoirs	115
Figure 17 : Taille de l'échantillon en fonction de la taille de la population (pour des gros abattoirs) et du taux de prévalence limite	116
Figure 18 : Taille de l'échantillon en fonction de la taille de la population (pour des très gros abattoirs) et du taux de prévalence limite	117

PARTIE 1 : MÉTHODOLOGIE



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.

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 P *et al.*, 2017). Dans le contexte de ce rapport, à l'abattoir, la conscience d'un animal correspond à un état permettant à l'animal d'exprimer au moins un indicateur de conscience.

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

Echantillon : sous-ensemble d'une population. Un échantillon correspond au nombre d'animaux observés par le RPA dans le cadre des contrôles de second niveau. Les contrôles de premier niveau sont assurés par les opérateurs et sont exhaustifs.

Echec à l'étourdissement : il y a échec lorsqu'un animal présente au moins un indicateur de conscience, et qu'il est donc considéré conscient, entre le poste d'étourdissement et le poste de saignée.

Electro-immobilisation : paralysie provoquée par le passage d'un faible courant électrique à travers la moelle épinière d'un porc. En abattoir de porcs, l'électro-immobilisation peut être induite accidentellement par un mauvais placement des électrodes, l'animal peut être immobilisé mais reste conscient.

Elicitation : 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 les données permettant une estimation directe ne sont pas disponibles ou quand les éléments bibliographiques sont contradictoires (Morgan, 2013 ; EFSA, 2014).

Etourdissement : désigne tout procédé mécanique, électrique, gazeux provoquant une perte de conscience.

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

Facteur de risque : 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 (compétence, expérience, fatigue), les équipements (caractéristiques, maintenance, enregistrements), l'organisation de l'abattoir, la catégorie d'animaux, le type d'étourdissement ...

Gestionnaire : membre des services de l'Etat.

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

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

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

Inconscience : à l'abattoir, l'inconscience d'un animal correspond à un animal ne présentant aucun des indicateurs de conscience.

Lot : groupe d'animaux homogène sur un critère défini tel que : même propriétaire, bâtiment, camion.

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, qui reflète l'opinion du groupe et non celle des opinions individuelles.

Opérateur : 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 entrée dans l'abattoir jusqu'au poste de saignée.

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

Population cible : population ou groupe d'animaux auxquels les résultats d'une étude doivent être applicables.

Précision absolue : mesure de la dispersion des valeurs 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 réflexe. C'est le mécanisme de réponse intégrée du système nerveux sans intervention des structures corticales du cerveau impliquées dans la conscience.

Restrainer : système d'immobilisation de l'animal afin d'optimiser le placement du dispositif d'étourdissement. Il s'agit, pour un étourdissement électrique, d'un système d'avancée automatique des porcs (les pieds ne touchent plus le sol) optimisant le placement des électrodes.

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.

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

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

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

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



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 l'expertise des 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* ».

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.

d'échantillonnage pour les guides de bonnes pratiques de protection animale en abattoir. » (Anses, 2013b : 2013-SA-0222⁴)

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 le bien-être animal au moment de leur mise à mort en approfondissant l'expertise relative aux méthodes d'échantillonnage existants dans d'autres domaines. Ce travail sera nécessaire pour toutes les catégories d'animaux, mais dans un premier temps, il a été décidé de considérer la production porcine.

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 porcs⁵ (EFSA, 2013). Le protocole d'échantillonnage pour le contrôle du respect des bonnes pratiques de protection animale a été établi afin de déterminer le plan d'échantillonnage optimal pour le contrôle de second niveau par le responsable de la protection animale de l'abattoir (RPA) des indicateurs de conscience sur les animaux après l'étourdissement. Si la proposition statistique était 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 donc celle qui a été reprise ci-après par les experts pour les propositions des scénarios d'échantillonnage. 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 (membre des services de l'état).

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 objectif :

- si leur taux d'échecs est situé au-dessus du seuil, de passer rapidement en dessous de ce seuil ;
- si leur 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, le T_0 , et à le comparer au seuil fixé par le gestionnaire ;
- la seconde période de la démarche consiste à fixer comme limite ou objectif à atteindre soit la valeur fixée par le gestionnaire comme valeur maximale d'échecs à l'étourdissement soit une valeur encore inférieure dans un but d'amélioration continue. C'est la fixation d'un taux de prévalence limite (TPL), le T_1 .

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

⁵ <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.2903/j.efsa.2013.3523/epdf> consulté le 16/01/2017.

2.2 Rappels réglementaires

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

« 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.

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 » ;

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. L'état de conscience d'un animal se traduit essentiellement par sa capacité à ressentir des émotions et à contrôler ses mouvements volontaires. Malgré certaines exceptions, comme dans le cas de l'électro-immobilisation ou d'autres paralysies induites, un animal peut être supposé inconscient lorsqu'il perd sa position debout naturelle, n'est pas éveillé et ne montre pas de signes d'émotions positives ou négatives, telles que la peur ou l'excitation. La sensibilité d'un animal est essentiellement sa capacité à ressentir la douleur.*»

2.3 État des lieux sur la 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 Etats membres ont donc été sollicités par l'Anses. 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 souhaitent avoir accès à :

- la méthode de réalisation des plans d'échantillonnage,

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

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

Les protocoles issus du projet EU WelNet⁶ sont actuellement mis en œuvre pour échantillonner dans des abattoirs en Allemagne.

2.4 Enjeux

L'abattage des animaux est une nécessité que 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. 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 lors de la saignée 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 la mise à mort. Les guides s'appliquant aux bovins, ovins et porcins sont, ou vont être, mis en œuvre dans les abattoirs. Les agents chargés de leur mise en application sont formés pour pouvoir répondre au mieux aux situations auxquelles les animaux sont confrontés. Ces guides ont été validés 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 guides de bonnes pratiques.

Il serait utile que ce contrôle de second niveau soit tracé et enregistré par le RPA. Les résultats et les conditions de réalisation (par exemple, enregistrements fait par les opérateurs, caractéristiques des lots de porcs, enregistrement des indicateurs de fonctionnement des appareils d'étourdissement, interventions sur les appareils, etc.) en feront un outil de suivi des bonnes pratiques de protection des animaux pour le gestionnaire.

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 pour constituer un échantillon. La taille de cet échantillon dépend de :

- (1) soit le taux de prévalence attendu 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 (taux de prévalence d'échecs initial) ;

- (2) soit le taux de prévalence limite (TPL) dans le cas de la détection des échecs à l'étourdissement dans une population d'animaux abattus, par rapport à ce seuil TPL fixé a priori.

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 animaux au moment de leur mise à mort. L'étape du processus d'abattage concernée se situe donc entre l'étourdissement et le début de la saignée. La méthode d'échantillonnage et la surveillance des bonnes pratiques de protection animale par échantillonnage s'adressent au RPA. L'objectif du rapport n'inclut pas la protection animale entre le départ de la ferme jusqu'à l'arrivée à l'abattoir et la période entre le début de la saignée et la mort. La méthode d'échantillonnage proposée *in fine* par cette expertise s'appuie sur l'évaluation de l'état de conscience des animaux de l'étourdissement au début de la saignée. 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 et notamment pendant la saignée.**

Afin d'atteindre cet objectif plusieurs étapes ont été nécessaires, elles sont résumées dans la Figure 1 ci-après.

- Il a d'abord fallu obtenir des estimations du taux de prévalence des échecs à l'étourdissement en abattoir de porcs en France car peu de données étaient accessibles. Dans un premier temps, il a fallu préciser les abattoirs concernés, en particulier le nombre d'animaux abattus par période de temps (cadence) et caractériser les populations abattues. Des données moyennes sur lesquelles s'appuie ce rapport ont été recueillies en abattoir par des observateurs spécifiquement mandatés.
- En outre, il était nécessaire de disposer d'estimations concernant les sensibilités et spécificités des indicateurs de conscience utilisés dans les conditions d'abattage en France. Ces données n'étaient pas disponibles dans la littérature ; il a été décidé de mener des travaux d'élicitation des connaissances d'experts, qui seront détaillés dans le rapport et en Annexe 6.
- Enfin, en prenant appui sur tous ces résultats, les tailles des échantillons nécessaires ont été estimées en fonction des objectifs à atteindre. Des scénarios ont été proposés en considérant différentes catégories d'abattoirs en fonction de leur tonnage d'abattage.

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'inconscience des animaux au moment de leur mise à mort. Ce rapport d'autosaisine propose une méthode d'échantillonnage pour la réalisation de ces contrôles de second niveau

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

Dans ce contexte, le suivi de l'efficacité de l'étourdissement des animaux doit être systématique pour les opérateurs et par échantillonnage pour les RPA. Un certain nombre d'observations doit être effectué sur les animaux par le RPA.

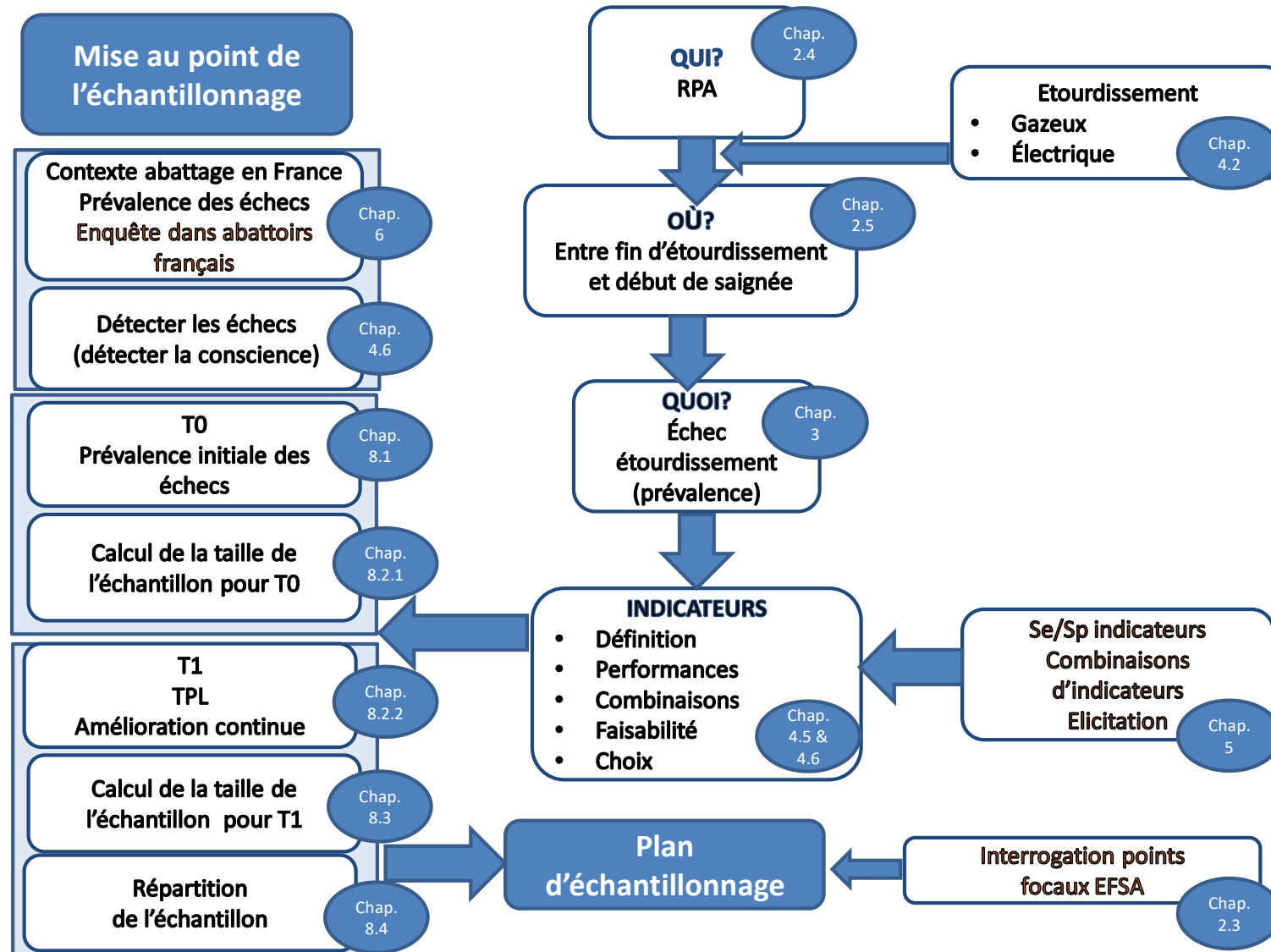


Figure 1 : Schéma conceptuel du travail d'expertise (les numéros dans les bulles se réfèrent aux chapitres du rapport)

3 Considérations sur les techniques d'échantillonnage

3.1 Éléments préliminaires à l'établissement d'un plan de contrôle par échantillonnage

La définition de la **population cible**, population ou groupe d'animaux auquel les résultats d'une étude doivent être applicables, est cruciale. La population 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 les types de production, 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 à une espèce particulière et à un type de production particulier. De plus, l'EFSA recommande de prendre en compte la notion de facteurs de risque dans le calcul de l'échantillonnage.

Tableau 1 : Facteurs de risque pour la protection animale pour les porcs étourdis par un système électrique (2 points) ou gazeux (adapté de EFSA 2013 p15§2.3, *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 la maintenance	X	
Enregistrement des vérifications	Conformité avec les enregistrements passés	X	X
Animaux	Catégorie/ Type génétique/ Tempérament ⁷ / Poids vif	X	X
Abattoirs	Cadence d'abattage	X	X

⁷ Variations individuelles dans l'expression des comportements

3.2 Objectifs d'un plan de contrôle par échantillonnage

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

Les rapports de l'Anses sur les projets de GBP de protection animale en abattoirs précisent que tous les animaux doivent être contrôlés par les opérateurs et que le RPA vérifie 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 part d'incertitude. 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. Ce processus s'inscrit dans une démarche de progrès pour l'abattoir.

Le plan de contrôle comprend deux séquences se succédant :

- (1) l'estimation initiale du taux de prévalence des échecs à l'étourdissement (ci-après appelée Taux 0 : T_0) avec une précision donnée (cf. 3.2.1). 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, la détection au plus tôt d'un écart par rapport à l'objectif fixé, c'est-à-dire le dépassement du TPL d'échecs fixé comme seuil pour l'abattoir (seconde étape correspondant à l'établissement du Taux 1 : T_1) (cf. 3.2.2).

Les abattoirs doivent réaliser un contrôle selon un protocole permettant de valider leur processus au regard du règlement 1099/2009. **Cela correspond au premier volet du contrôle, c'est-à-dire à l'établissement du taux de prévalence d'échecs initial T_0 avec une précision donnée. Le second volet de contrôle devra être régulier et s'attachera à détecter un TPL d'échec à l'étourdissement à ne pas dépasser (fixé par le gestionnaire au regard, entre autres, du T_0 obtenu) dans la population cible.**

Comme l'échec à l'étourdissement que l'on cherche à détecter est théoriquement rare, il est souhaitable de fonder l'échantillonnage sur les risques, afin de maximiser les chances de détection de l'événement. Il est donc nécessaire de connaître les facteurs de risque qu'un animal reste conscient suite à son étourdissement (exemple : type de production, hétérogénéité du lot d'animaux, défaillance du matériel,... cf. Tableau 1). Le protocole est à définir par catégorie d'animaux et par type d'abattoir (type d'étourdissement et capacité journalière), d'où la difficulté de définir un cadre général à ce type de contrôle. L'échantillon doit être comparable à la population dont il est issu. La sous-population d'échantillonnage doit s'étendre sur une période de fonctionnement pendant laquelle le système d'étourdissement est supposé avoir une efficacité constante.

L'abattoir doit pouvoir faire état de sa situation initiale (cf. établissement d'un T_0) et montrer qu'il a été capable, en fonction de ce résultat, de l'améliorer. L'échantillonnage a pour but de détecter au plus tôt les écarts par rapport aux attentes (TPL fixé ou T_1), en particulier dès que le taux de prévalence d'échecs limite qui a été fixé à l'abattoir est dépassé. L'effort d'échantillonnage n'est pas nécessairement uniforme et dépend du TPL à détecter dans les différentes catégories d'animaux abattus.

3.2.1 Estimation du taux de prévalence initial d'échecs à l'étourdissement (T_0)

Dans ce rapport, le T_0 correspond au taux de prévalence initial d'animaux conscients entre le poste d'étourdissement et la saignée. Ce taux (T_0) est assorti d'une certaine précision, directement dépendante du nombre d'animaux observés/échantillonnés. La question posée est : combien d'animaux doit-on observer pour estimer le taux de prévalence d'animaux conscients entre le

poste d'étourdissement et la saignée, avec une précision donnée ? Le nombre d'animaux à observer doit permettre de définir un intervalle, au sein duquel se situe le vrai taux de prévalence d'échecs à l'étourdissement. Ce nombre est fonction de la précision souhaitée : meilleure sera la précision souhaitée, plus grande devra être la taille de l'échantillon.

Ce T_0 servira de référence pour fixer les objectifs à atteindre (TPL : T_1) selon un processus d'amélioration continue faisant l'objet du paragraphe suivant.

L'abattoir doit vérifier la mise en place des procédures et leur efficacité. Le RPA tient compte de tout animal considéré conscient entre l'étourdissement et le début de la saignée et ne comptabilise pas le nombre d'étourdissements qui ont été nécessaires pour chaque animal. Le T_0 doit être estimé sur une période suffisante pour s'assurer de la représentativité de l'activité de l'abattoir.

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

L'objectif, une fois le T_0 établi, consiste à détecter un TPL (T_1) d'échecs à l'étourdissement par un échantillonnage adapté. Ce TPL peut être fixé par le gestionnaire ou par l'abattoir (s'il choisit un seuil en-deçà du seuil limite fixé par le gestionnaire) ou en concertation entre les deux. L'analyse consiste à vérifier régulièrement que le taux de prévalence des échecs à l'étourdissement reste en dessous de l'objectif fixé.

Les experts proposent deux temps successifs pour ce contrôle de second niveau, 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 fait suite au T_0 et correspond à un processus d'amélioration continue, fixation d'un objectif à atteindre en termes de taux de prévalence d'échecs et vérification de l'amélioration (établissement de T_1).

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 porcs a notamment été pris en référence (Anses, 2013a). L'Anses y proposait une liste d'indicateurs de conscience à utiliser selon la fonction de la personne visée (opérateur ou RPA). Le rapport que l'EFSA a publié en 2013 sur les modalités de surveillance de la protection animale dans les abattoirs de porcs (EFSA, 2013) a également été pris en considération.

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 mammifères en bonne santé, le niveau d'éveil peut varier d'extrêmement bas (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 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. Un minimum de niveau de conscience est donc nécessaire (mais pas suffisant) pour avoir un contenu de conscience.

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 2) 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 3) 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 à ce qui est perçu (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 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 du fait que leurs 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).

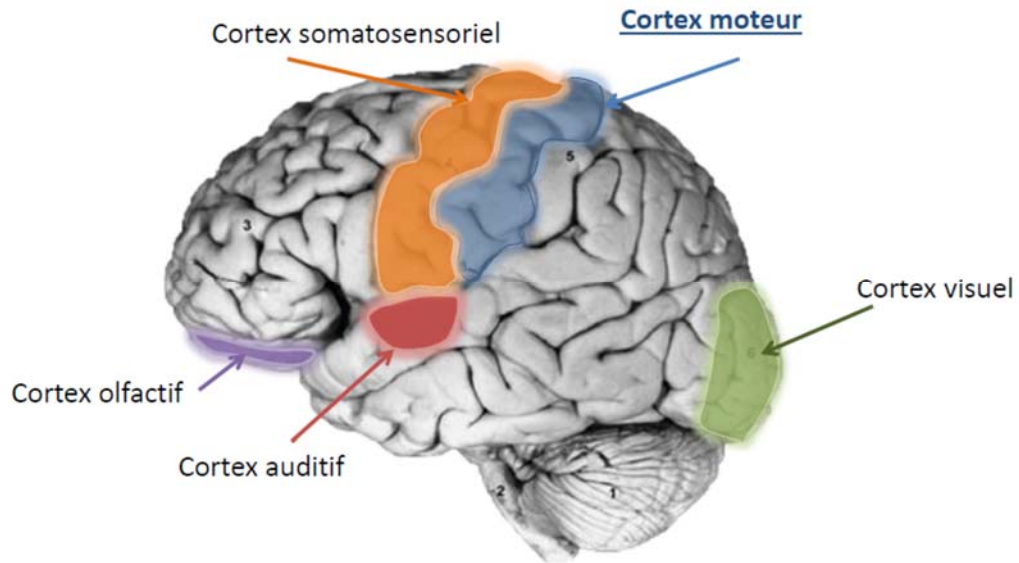


Figure 2 : Cortex primaire chez l'humain. Chez les autres mammifères, les emplacements de ces régions sont similaires (Communication personnelle C. Terlouw)

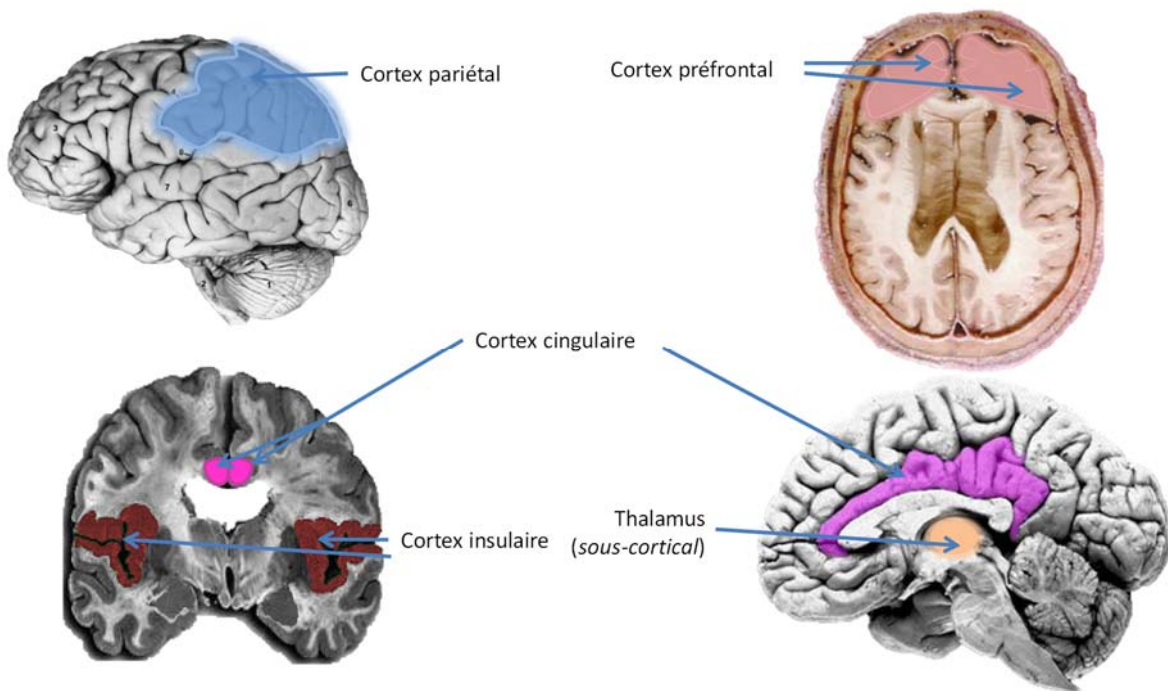


Figure 3 : Cortex associatifs chez l'humain. Chez les autres mammifères, les emplacements de ces régions sont similaires (Communication personnelle C. Terlouw)

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 4). 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 passe par le thalamus, situé juste au-dessus du tronc cérébral, qui à son tour se projette massivement sur le cortex. L'autre voie passe ventralement, via 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 de la formation réticulée ou le système réticulo-activateur ascendant, 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).

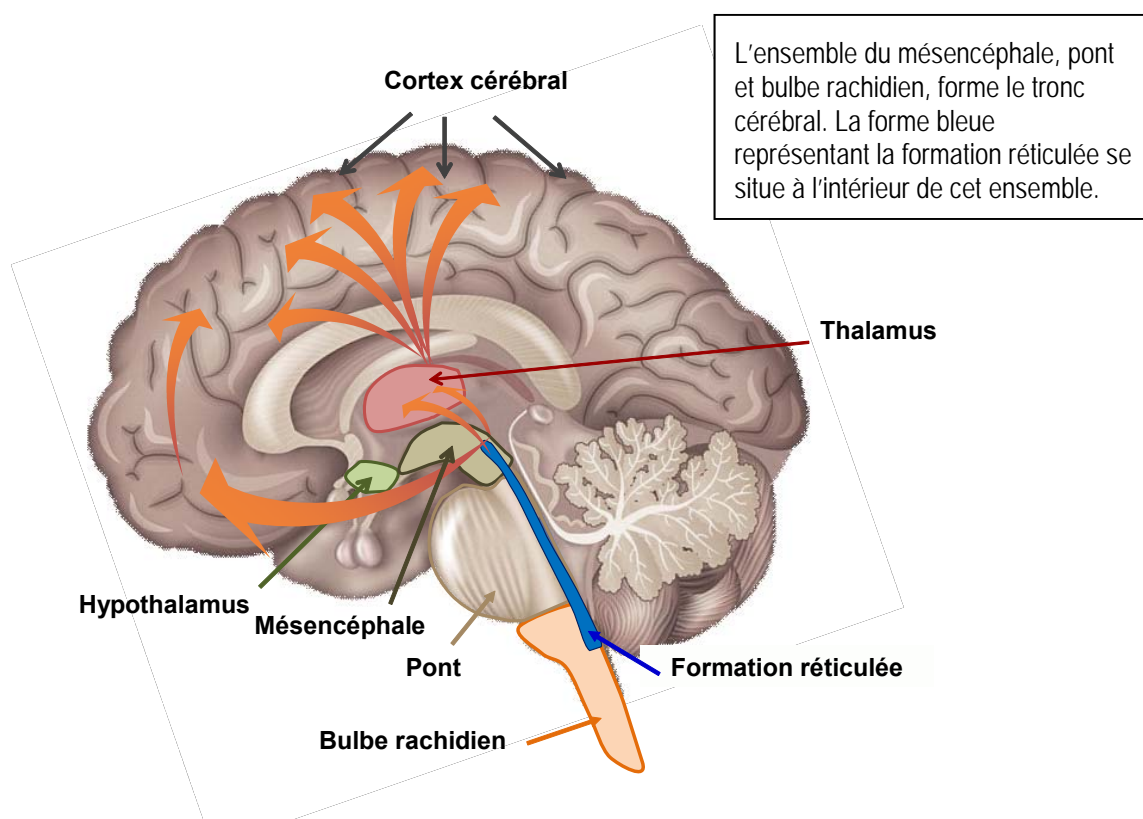


Figure 4 : Coupe sagittale de cerveau permettant de localiser les principales structures intervenant dans la description fonctionnelle des indicateurs de conscience (Communication personnelle C. Terlouw)

4.2 Étourdissement

A l'abattoir, l'étourdissement avant la saignée doit induire un état d'inconscience (Blumenfeld et Taylor, 2003). Cet état peut être obtenu par un dysfonctionnement qui touche soit i) les hémisphères cérébraux de façon large, soit ii) la formation réticulée ou iii) le système réticulo-activateur ascendant (Bateman, 2001 ; Blumenfeld et Taylor, 2003 ; Brown *et al.*, 2012).

Pour l'espèce porcine, deux types d'étourdissement sont majoritairement pratiqués :

- l'étourdissement électrique,
- l'étourdissement gazeux (dioxyde de carbone, CO₂).

Dans certains cas, pour un étourdissement d'urgence, le pistolet à tige perforante est également utilisé.

4.2.1 Étourdissement électrique

Le principe de l'étourdissement électrique est de perturber l'activité électrique des hémisphères du cerveau. La technique consiste à placer des électrodes de part et d'autre de la tête pour faire passer un courant électrique à travers le cerveau. Normalement, les neurones cérébraux produisent une activité électrique, qui, lorsqu'elle est mesurée sur l'ensemble du cerveau, montre des oscillations rythmiques. Le champ électrique appliqué via les électrodes modifie profondément l'activité électrique cérébrale en dépolarisant et en hyperpolarisant les membranes d'un grand nombre de neurones de manière synchronisée : cela induit une crise d'épilepsie (Blumenfeld, 2005). Les zones qui peuvent produire une telle crise sont essentiellement les interconnexions entre le thalamus et le cortex, mais aussi le tronc cérébral (Blumenfeld, 2005). A partir de ces régions, la crise épileptique peut plus ou moins s'étendre vers d'autres structures cérébrales et provoquer une perte de conscience courte, prolongée et/ou profonde. Lorsque les structures sous-corticales sont impliquées dans la crise, on parle de « crise généralisée », même si ce type de crise n'implique en réalité qu'une partie des structures cérébrales : le cortex de manière étendue et bilatérale et/ou le tronc cérébral (Blumenfeld *et al.*, 2003). La crise généralisée est associée à un état prolongé d'inconscience profonde (Blumenfeld et Taylor, 2003).

L'objectif de l'étourdissement électrique est d'induire artificiellement une crise épileptique généralisée. L'étourdissement électrique peut être à deux points ou à trois points. Dans le premier cas, deux électrodes sont placées sur la tête de l'animal de façon à ce que le courant passe uniquement à travers le cerveau. Lorsque la technique est correctement appliquée, avec des paramètres électriques adaptés et définis réglementairement, l'inconscience est instantanée mais réversible (retour de conscience possible après un certain délai). Le principe de l'étourdissement électrique à trois points est la présence d'une troisième électrode placée au niveau de la région du cœur (sur le thorax, le sternum ou le dos). Par conséquent, l'étourdissement électrique à trois points est le plus souvent non réversible. Les paramètres du courant électrique (intensité, durée, fréquence) sont choisis en fonction de l'espèce, de la technique d'application et du type d'étourdissement électrique. Le règlement 1099/2009/CE définit les paramètres à respecter. L'utilisation d'une fréquence de 50 Hz, provoque, dans le cas d'un étourdissement électrique en trois points, une fibrillation cardiaque qui empêche une bonne circulation sanguine. Il en résulte une anoxie cérébrale qui approfondit et prolonge l'état d'inconscience (Pleiter, 2005 ; Vogel *et al.*, 2011). Le plus souvent, la fibrillation entraîne un arrêt cardiaque avant que la saignée induise la mort (Mouchonière *et al.*, 1999 ; 2000 ; Wotton et Gregory, 1986 ; Gregory *et al.*, 1991 ; Wotton *et al.*, 1992 ; Raj *et al.*, 2006 ; Vogel *et al.*, 2011).

4.2.2 Étourdissement gazeux

L'étourdissement au gaz se fait par immersion de l'animal dans un mélange gazeux. Pour cela, les animaux sont introduits, le plus souvent en groupe, dans une nacelle qui est descendue dans un

puits ou introduite dans un tunnel rempli avec le mélange gazeux. Le mélange choisi est souvent riche en dioxyde de carbone (CO₂) et/ou pauvre en oxygène (O₂). En général, un mélange de CO₂ et d'air est utilisé. La nouvelle réglementation européenne (règlement 1099/2009/CE) impose l'utilisation d'au moins 80 % de CO₂ pour l'étourdissement des porcs. Ces mélanges contiennent entre 4 % et 13 % d'O₂.

Le principe de l'étourdissement au CO₂ est une hypercapnie⁸ provoquant une acidification du sang et par conséquent du liquide céphalo-rachidien et cytoplasme des cellules cérébrales (Martoft *et al.*, 2003 ; Gerritzen *et al.*, 2006 ; Pedersen *et al.*, 2006). L'hypercapnie induit initialement une série de réactions physiologiques, au moins transitoirement, afin de réduire les effets négatifs sur l'organisme. La dilatation des vaisseaux cérébraux vise à maintenir le fonctionnement du cerveau (Kety *et al.*, 1948 ; Novack *et al.*, 1953 ; Siesjö, 1972 ; Weiss *et al.*, 1976 ; Brevard *et al.*, 2003). La respiration devient d'abord plus rapide et plus profonde, car l'augmentation de la pression de CO₂ stimule les chémorécepteurs du bulbe rachidien (Maskrey et Nicol, 1980 ; Brannan *et al.*, 2001 ; Brevard *et al.*, 2003). Lors d'une hypercapnie sévère, on observe un ralentissement ou un arrêt respiratoire lié au ralentissement ou à l'arrêt de l'activité de transmission des cellules nerveuses impliquées dans la respiration (Taylor *et al.*, 2005 ; Lang et Heckman, 2005).

L'hypoxie qui résulte également de l'inhalation du mélange gazeux conduit les cellules nerveuses à produire du lactate, contribuant à l'acidification du sang (Martoft *et al.*, 2003). Elle influence également rapidement le fonctionnement du cerveau car celui-ci est très consommateur d'oxygène.

Chez le porc, Raj et Gregory (1996) observent que l'exposition à 20 ou 30 % de CO₂ pendant une minute ne provoque pas de perte de la posture debout. En revanche, ils observent des délais de la perte de posture de 44, 20, 22 et 16 s pour des expositions à 40, 50, 60, et 70 % de CO₂ dans le mélange inhalé.

Les inconvénients de l'étourdissement au gaz, en termes de protection animale, sont les délais d'induction de l'inconscience souvent longs et la présence de réactions semblant exprimer de l'aversion. On observe par exemple chez le porc des convulsions, des contractions musculaires apparemment involontaires, des comportements d'évitement et une difficulté à respirer (Forslid, 1987 ; Dodman, 1977 ; Gerritzen *et al.*, 2004). Chez le porc, les modifications respiratoires se produisent dans les secondes qui suivent l'immersion dans le CO₂ (Forslid, 1987 ; Deiss *et al.*, 2006). Des concentrations de CO₂ très élevées dans l'air inspiré peuvent induire une réaction d'apnée d'aversion (Danneman *et al.*, 1997). Alors que les modifications respiratoires sont généralement interprétées comme un signe d'aversion, l'interprétation des contractions musculaires est moins consensuelle (Gregory, 2005 ; Forslid, 1987). Certaines études indiquent que les contractions musculaires ont lieu seulement après la perte de conscience suggérant que ces expressions sont des réflexes et non pas indicatrices d'aversion (Forslid, 1987). D'autres études affirment le contraire. Par exemple, une étude a montré que la perte de conscience avait lieu en moyenne 60 s après le début de l'exposition au CO₂, alors que l'excitation musculaire, incluant des mouvements répétés de tout le corps, débutait 19 s après le début de l'exposition (Rodriguez *et al.*, 2008). Dans cette étude, le délai de perte de la posture debout n'a pas été évalué. Cependant, le délai de perte de conscience de 60 s contraste avec celui de 20 s pour la perte de la posture debout généralement reportée et souvent utilisée comme indicateur d'inconscience (Tolo *et al.*, 2010). Cette différence pourrait en partie être attribuée à l'exposition graduelle à des concentrations croissantes de CO₂ car l'étude a été effectuée en conditions de terrain (Velarde *et al.*, 2010). De plus, les races porcines diffèrent dans leurs réactions à

⁸ Hypercapnie : taux élevé de CO₂ dans le sang circulant.

l'exposition au CO₂ ce qui souligne l'importance de la prise en compte du type génétique lorsqu'on compare des études (Grandin, 1992 ; Channon *et al.*, 2000).

Plusieurs études sur le comportement des porcs ont été conduites pour évaluer le degré d'aversion induit par la concentration de CO₂ dans l'air inspiré. Les résultats varient selon les études. Des porcs privés de nourriture acceptaient de manger des morceaux de pommes lorsque ceux-ci étaient présentés dans une boîte contenant de l'air, mais pas lorsque la boîte contenait un mélange avec 90 % de CO₂, indiquant un degré important d'aversion pour ce mélange (Raj et Gregory, 1995). Dans une autre étude, les porcs ont été conduits dans une nacelle pour les descendre dans un puits (durée de 30 s au total : 15 s de descente et 15 s de remontée). La veille, ils avaient déjà été introduits dans ce puits, alors qu'il contenait soit de l'air, soit 60 ou 90% de CO₂, ou certains animaux y avaient reçu des chocs électriques. C'est dans ce dernier cas uniquement que les porcs ont été plus difficiles à conduire dans le puits la seconde fois. Ces résultats indiquent que le choc électrique est aversif, mais pas une forte concentration de CO₂ dans l'air (Jongman *et al.*, 2000). Dans cette dernière étude, les porcs présentaient une légère hyperventilation en sortant du mélange de CO₂ pouvant suggérer des effets limités du traitement, comparés à d'autres situations expérimentales ou pratiques (Jongman *et al.*, 2000 ; Forslid, 1987 ; Deiss *et al.*, 2006). Ces différents résultats pourraient s'expliquer en partie par des variations dans le niveau de stress pendant l'exposition et dans le type génétique des porcs étudiés qui peuvent tous les deux interagir avec la réactivité à l'inhalation de CO₂ (Grandin, 1992 ; Gregory, 1994 ; Jongman *et al.*, 2000).

Les concentrations de CO₂ les plus élevées induisent plus rapidement l'inconscience. En revanche, elles provoquent plus de réactions comportementales associées à des situations d'aversion, comme des troubles respiratoires, plus intenses ainsi qu'une importante irritation des muqueuses (Dodman, 1977 ; Raj et Gregory, 1996 ; Gerritzen *et al.*, 2004 ; Conlee *et al.*, 2005 ; Sandilands *et al.*, 2011).

Un problème pratique de l'étourdissement gazeux est que, les animaux sont étourdis par lots, et la durée de l'inconscience induite doit être suffisamment longue ensuite pour que les opérateurs aient le temps de saigner l'ensemble des animaux du lot exposé au gaz avant d'éventuels retours de conscience. Par exemple, dans une étude conduite dans deux abattoirs industriels utilisant 103 et 92 s d'exposition à 83 % de CO₂ au fond du puits, avec des délais de saignée de 43 et 58 s en moyenne, respectivement 13 à 33 % des porcs présentaient des réflexes de redressement après l'exposition et avant d'être saignés (Velarde *et al.*, 2000). Une exposition supérieure à 3 min (« *La mort de la plupart des animaux intervient après environ 3 minutes d'immersion dans du CO₂ à 90 % au moins* » (Anses, 2013a)) entraîne systématiquement la mort. Pour l'étourdissement au gaz, il est donc indispensable de tenir compte à la fois de l'espèce, de la composition du mélange, de la durée d'exposition au mélange et du délai entre l'immersion et la saignée.

4.2.3 Étourdissement par tige perforante

Cet outil d'étourdissement n'est pas utilisé en routine dans les abattoirs pour l'espèce porcine. Il est utilisé dans le cas d'abattages d'urgence à l'abattoir.

Cet étourdissement dit « mécanique » utilise un pistolet tubulaire équipé d'une tige perforante qui vise à endommager la formation réticulée et/ou le système d'activation réticulaire ascendant structures cérébrales impliquées dans l'éveil (Blackmore, 1979; Daly, Gregory, Wotton et Whittington, 1986; Daly & Whittington, 1989; Finnie, 2001; Finnie, Manavis, Blumbergs, & Summersides, 2002). Les effets de cette technique sont liés à la fois à la percussion quand la tige impacte le crâne et au passage de la tige dans le cerveau.

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 ont été également endommagés (Finnie *et al.*, 2002).

L'emplacement recommandé du pistolet à tige perforante est au centre du front. Pour les porcs charcutiers, l'emplacement optimal est situé environ 2,5 cm au-dessus des sourcils, au milieu du front (Grandin, 2014). La tige doit également être orientée vers le tronc cérébral.

Il est possible que le tronc cérébral ne soit pas atteint du fait de la taille insuffisante de la tige par rapport à celle de la tête de l'animal notamment si l'emplacement n'est pas optimal et si l'animal bouge lorsqu'il n'est pas bien contenu. Néanmoins, comme décrit ci-dessus, les dommages causés par la tige sont généralement multiples et vastes et un animal peut être correctement étourdi même si le placement ou l'orientation de la tige est sous-optimal (Shearer, 2005). Toutefois, si les lésions cérébrales sont limitées ou n'atteignent pas les structures pertinentes, l'animal est partiellement ou totalement conscient et un second tir est nécessaire immédiatement après le premier.

Bien que l'utilisation correcte du pistolet provoque un arrêt immédiat de la respiration, 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 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).

4.3 La ré-application de la procédure d'étourdissement

La réglementation oblige à réappliquer une procédure d'étourdissement sur les animaux si au moins un des indicateurs de conscience est détecté après le premier essai d'étourdissement et avant la saignée. Cette nouvelle opération pose la question, en dehors des difficultés de sa mise en œuvre, des douleurs occasionnées à l'animal entre les deux opérations. Il est donc important que le second étourdissement soit effectué rapidement même s'il s'agit d'une opération délicate. La difficulté de réalisation (dans la pratique, le plus souvent à la pince électrique, en deux points) et les risques encourus par les opérateurs qui doivent intervenir sur les animaux alors qu'ils sont acheminés vers le site de saignée sont à mentionner. Il est donc primordial que, à la fois pour l'animal et pour les opérateurs, le premier 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 les douleurs engendrées. L'exigence réglementaire est que l'animal présente un état d'inconscience au moment de la saignée. Le nombre d'étourdissements qu'il a fallu mettre en œuvre pour obtenir cet état n'est pas pris en compte dans le contrôle par échantillonnage.

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'illustrent les Figure 5 et Figure 6.

4.4 Différentes étapes et positionnements possibles du RPA

Les Figure 5 et Figure 6 permettent de visualiser les différentes positions que peut adopter le RPA pour ses observations sur la chaîne d'abattage. Ce positionnement peut être un choix du RPA ou une contrainte liée à la configuration de l'abattoir. Il a des conséquences sur le choix des indicateurs utilisés pour détecter un animal considéré conscient entre le poste d'étourdissement et le poste de saignée.

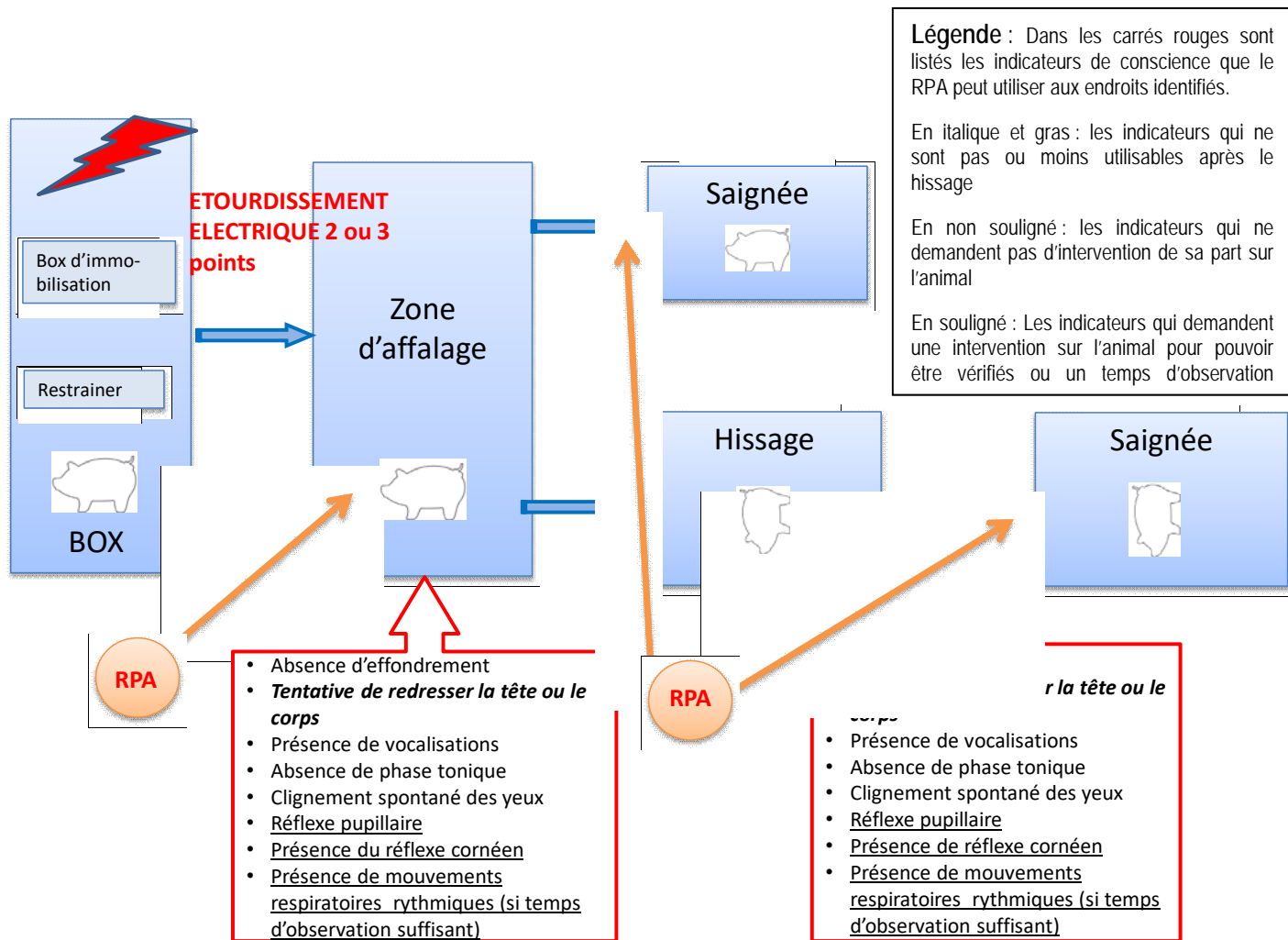


Figure 5 : Positionnements possibles du RPA pour le contrôle de l'étourdissement électrique

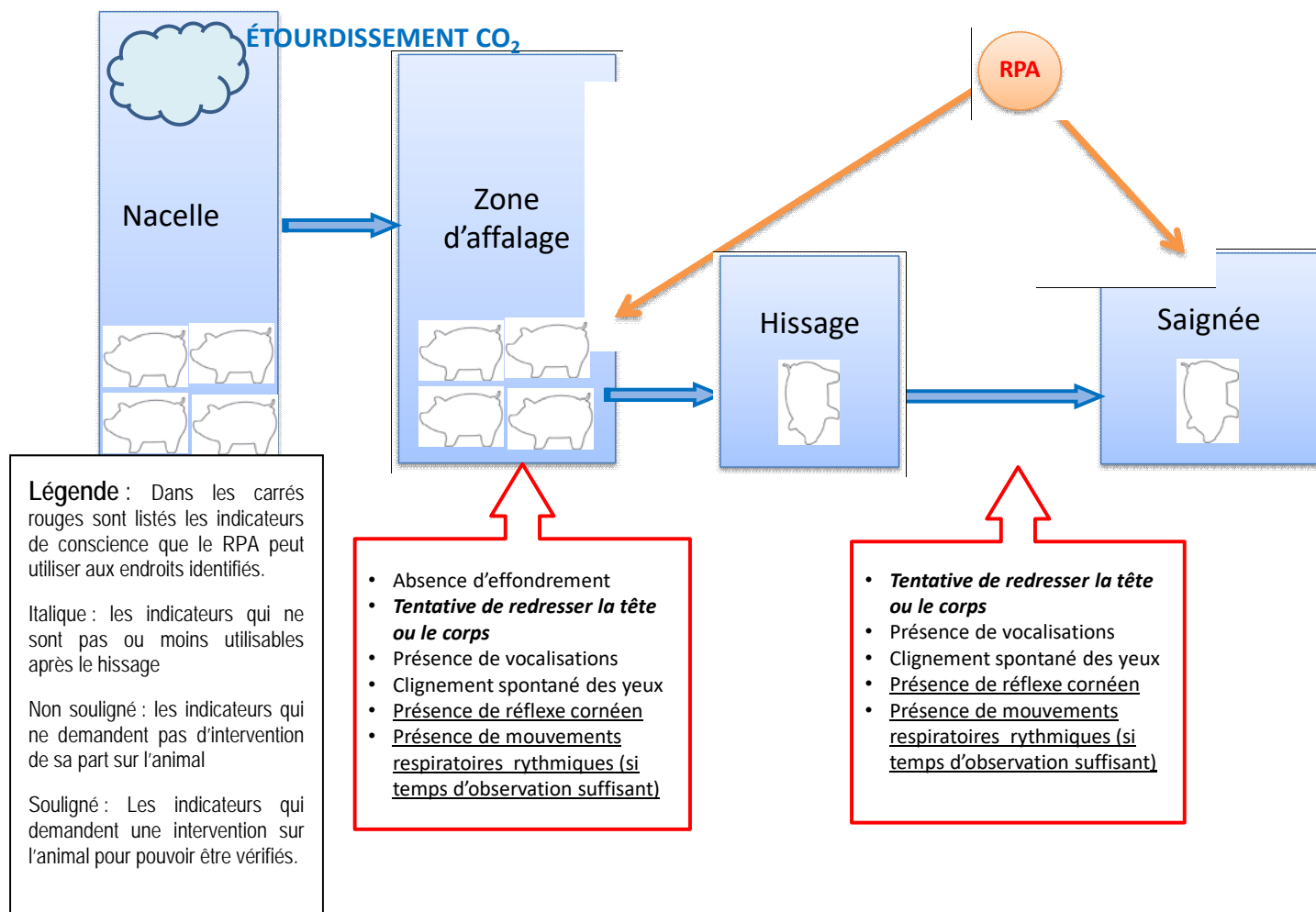


Figure 6 : Positionnement possible du RPA pour le contrôle de l'étourdissement gazeux

Pour le porc charcutier, en France, deux méthodes d'étourdissement sont pratiquées. L'étourdissement électrique qui conduit à une crise épileptique généralisée. L'étourdissement électrique en deux points est réversible, celui en trois points est irréversible. L'étourdissement au CO₂ entraîne l'acidification des cellules cérébrales, qui est responsable de la diminution de vigilance et de la perte de conscience, voire de la mort en fonction du temps d'immersion. Pour les deux méthodes, des paramètres de réglages sont définis par le règlement 1099/2009/CE. Un étourdissement par tige perforante peut être pratiqué uniquement pour des abattages d'urgence. Les opérateurs qui doivent s'assurer de l'inconscience des animaux avant de pratiquer la saignée peuvent mettre en œuvre un ré-application de la procédure en cas d'échec de l'étourdissement initial.

Le RPA effectue un contrôle de second niveau sur un échantillon d'animaux et s'assure de l'absence d'indicateurs de conscience des animaux le constituant.

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 : 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). La présence de ces indicateurs est vérifiée après l'étourdissement et juste avant la saignée. Les indicateurs de conscience doivent donc tous être absents. La présence d'un seul doit amener à considérer l'animal comme conscient. D'autres indicateurs ont un pouvoir discriminant plus faible et peuvent être utilisés comme des informations complémentaires (Gregory *et al.*, 2007).

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

Indicateurs associés à l'état de conscience	Etat de conscience	Interprétation à l'abattoir
Absence d'effondrement Présence de tentatives de redressement de la tête et/ou du corps Présence de vocalisations Absence de phase tonique* Présence de poursuite oculaire	certain	animal considéré conscient
Présence de mouvements respiratoires rythmiques Présence de clignements spontanés des yeux Présence de réflexes oculaires <ul style="list-style-type: none"> • réflexe cornéen • réflexe pupillaire Présence de nystagmus Présence de réponse à un stimulus nociceptif Présence de rotation du globe oculaire	possible	

* indicateur valable uniquement pour l'étourdissement électrique.

La réaction à la menace et le réflexe ciliaire 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.

Malgré cette distinction entre état de conscience possible et état de conscience certain, 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.

Le règlement 1099/2009/CE impose que les animaux soient inconscients avant d'être saignés. Cette obligation conduit à en rechercher les preuves. 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 des critères retenus.

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

4.5.1.1 Absence d'effondrement

L'absence d'effondrement, ou la posture debout, est un indicateur de conscience. Par conséquent, la perte immédiate et définitive de la posture debout est utilisée comme indicateur de la perte 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 cependant être interprété avec précaution. Ainsi, il peut être provoqué par une incapacité à se tenir debout, par exemple, lorsqu'un courant électrique traverse la moelle épinière en paralysant l'animal mais sans atteindre le cerveau (cas de l'électro-immobilisation). De plus, l'effondrement ne peut pas être évalué chez des animaux maintenus dans un piège avec contention de la tête ou du corps, ou encore dans un restrainer.

L'étourdissement électrique provoque un effondrement immédiat, probablement suite à la crise épileptique qui se propage dans les hémisphères cérébraux et les structures sous-corticales. L'étourdissement au gaz provoque progressivement une perte de la posture debout qui peut également s'expliquer par un dysfonctionnement global des structures corticales et sous-corticales.

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

Un animal conscient qui se trouve 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. Les mouvements de redressement sont orientés mais parfois difficiles à distinguer d'autres mouvements qui sont des automatismes ou des mouvements réflexes.

4.5.1.3 Présence de vocalisations

A l'abattoir, les vocalisations expriment le plus souvent de la douleur. En effet, 99 % des vocalisations des porcs en abattoir sont provoquées par des situations d'aversion, comme l'utilisation d'appareils soumettant les animaux à des chocs électriques douloureux⁹, une chute, un étourdissement inefficace ou une pression excessive des pièges de contention (Grandin, 1998 ; Dunn, 1990 ; Warriss *et al.*, 1994 ; White *et al.*, 1995 ; Watts et Stookey, 2000 ; Prunier *et al.*, 2013). Or, l'expression de la douleur par les vocalisations n'est possible que si l'animal est conscient. Des vocalisations après l'étourdissement sont donc indicatrices de conscience. Il faut noter que certains sons gutturaux sont des réflexes qui ne doivent pas être confondus avec des vocalisations (*cf.* ci-dessous : *gaspings*).

4.5.1.4 Absence de phase tonique

Après un étourdissement électrique efficace, un porc effondré est tout d'abord rigide (phase tonique). Ses pattes postérieures sont pliées et les pattes antérieures se tendent, en raison d'une contraction générale des muscles qui dure 10 à 20 s. Puis des mouvements de pédalage involontaires (phase clonique) sont observés pendant 15 à 60 s (Velarde *et al.*, 2002). L'observation des phénomènes des phases toniques et cloniques est utile lorsqu'elles sont clairement exprimées car elles font partie de la réaction habituelle à l'application de l'étourdissement. C'est pourquoi, à la suite d'un étourdissement électrique, l'absence de phase tonique doit être un signal d'appel d'un échec de cet étourdissement et correspondre à un

⁹ Le règlement 1099/2009/CE indique que l'utilisation de ces appareils est dans la mesure du possible évitée.

indicateur de conscience. Cependant, ces phases toniques et cloniques ne sont donc pas toujours clairement exprimés et interprétables.

Le corps d'un animal étourdi par inhalation de CO₂ est au contraire d'abord détendu, puis des contractions peuvent apparaître (Raj *et al.*, 1990), c'est pourquoi, l'absence de phase clonique est un indicateur de conscience uniquement pour l'étourdissement électrique.

4.5.1.5 Présence de clignements spontanés des yeux

Les clignements non provoqués ou spontanés des yeux impliquent des circuits nerveux fonctionnels dans le tronc cérébral et dans le cortex. Ils sont partiellement les mêmes que ceux impliqués dans les clignements réflexes (réflexes cornéen, palpébral et ciliaire) (Bour *et al.*, 2002 ; Morcuende *et al.*, 2002). Les clignements spontanés sont considérés comme des indicateurs de conscience (Grandin, 2013), mais de plus amples études sont nécessaires pour connaître leur lien exact avec le niveau de conscience. Par exemple, sur 20 taureaux étudiés, à l'abattoir, aucun n'a montré de réflexe cornéen après l'étourdissement, suggérant un état d'inconscience, mais trois ont présenté des clignements spontanés des yeux (Terlouw *et al.*, 2015).

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

Après un étourdissement au gaz efficace, les yeux sont ouverts et les paupières et les globes oculaires immobiles (Grandin, 2013). Après un étourdissement électrique efficace, les yeux sont fermés initialement, mais s'ouvrent après 10 à 20 s ; les paupières et les globes oculaires sont également immobiles (Grandin, 2013). La poursuite oculaire est considérée comme un indicateur de conscience car elle implique différentes structures non seulement dans le tronc cérébral mais aussi dans le cortex (Tehovnik *et al.*, 2000 ; Enderle, 2000).

4.5.1.7 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 étourdissement (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 (Crucchi et Deuschl, 2000). Celui-ci stimule le nerf moteur facial permettant la fermeture de la paupière. Les connexions 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.

Après un étourdissement électrique, il faut attendre quelques secondes que l'animal rouvre les yeux, avant de pouvoir tester le réflexe cornéen (Grandin, 2013). Une difficulté pratique est qu'à un certain stade, l'animal entre en phase clonique et les mouvements tels que les pédalages rendent difficiles les tests ou d'autres interventions dont la saignée.

- Réflexe ciliaire

L'effleurement des extrémités des cils provoque également une fermeture des paupières. Le réflexe ciliaire est considéré peu fiable, chez l'humain, pour l'évaluation des effets de certaines anesthésies pharmacologiques (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

Ce réflexe nécessite que le RPA dispose d'une lampe. 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 4).

En conclusion, 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 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 ou encore 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 peut être 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).

4.5.1.8 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). La présence d'un clignement de la paupière ou de retrait de la tête est indicatrice de conscience (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) et veiller à ne pas provoquer un déplacement d'air. 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). La relation entre le test de réaction à la menace et la conscience a été démontrée chez les moutons et les veaux. Il est à noter que le réflexe a été perdu chez ces animaux pendant plusieurs secondes après étourdissement avant que l'inconscience ne soit atteinte (Verhoeven *et al.*, 2015b, 2016).

4.5.1.9 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 doit conduire à un deuxième étourdissement (Grandin, 2013). Un animal qui respire peut être inconscient, mais un animal qui ne respire pas de manière durable (au-delà de 4 minutes) est inconscient ou mort (Verhoeven *et al.*, 2014).

L'arrêt de la respiration suite à l'étourdissement au gaz s'explique par un ralentissement de l'activité neuronale des hémisphères et du tronc cérébral. Après un étourdissement électrique, la propagation de la crise épileptique vers les régions sous-corticales (thalamus, tronc cérébral) et certaines régions corticales peuvent provoquer un arrêt respiratoire (Kaada et Jasper, 1952 ; Devinsky, 2004). Dans le cas de l'étourdissement électrique, la crise épileptique cause une contraction musculaire qui peut empêcher l'animal de respirer. L'arrêt respiratoire n'est donc pas forcément uniquement lié à un dysfonctionnement du bulbe rachidien. Ainsi, l'arrêt de la respiration suite à l'étourdissement mécanique peut s'expliquer par le dysfonctionnement de la formation réticulée, voire du bulbe rachidien. D'une manière générale, l'absence de la respiration provoque une anoxie dans le cerveau et contribue ainsi à l'état d'inconscience.

Le *gasping*, respiration agonique, correspond à des mouvements respiratoires intermittents caractérisés par une plus grande vigueur que la normale au début de l'inspiration. Il reflète le dysfonctionnement des neurones impliqués dans la respiration et précède la mort (St-John et Paton, 2000). Il est différent de la respiration rythmique et associé souvent à l'émission de sons gutturaux différents des vocalisations.

4.5.1.10 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 nociceptifs. 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 sur 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 décryptage du message nociceptif en termes sensoriels se fait essentiellement dans les cortex somatosensoriels, et en termes émotionnelle-affective dans le cortex limbique.

- L'arc réflexe nociceptif

L'arc réflexe nociceptif fait référence au circuit permettant un retrait rapide d'un membre lorsque celui-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 trijumeau 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 présentaient 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 des 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 six muscles extra-oculaires qui reçoivent des informations de centres localisés dans le pont et dans le mésencéphale du tronc cérébral. Ils sont contrôlés par le cerveau supérieur (Tehovnik *et al.*, 2000 ; Enderle, 2000). Après l'étourdissement électrique, une majorité des porcs peut montrer une rotation du globe oculaire, qui est liée à une contraction musculaire généralisée (phase tonique). Toutefois, une rotation a également été observée chez des porcs montrant d'autres signes de conscience potentielle, dont la présence d'un réflexe cornéen et la respiration (Stocchi *et al.*, 2014). Sa présence après une électroanesthésie n'informerait donc pas sur l'efficacité de l'étourdissement. En revanche, après un étourdissement par gaz efficace, le tonus musculaire est fortement diminué et la présence d'une rotation oculaire est un indicateur d'un étourdissement gazeux insuffisamment efficace (Atkinson et Algiers, 2007).

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. Ces muscles sont sous le contrôle de différents noyaux dans le tronc cérébral (les noyaux oculomoteur, trochléaire et abducens), eux-mêmes soumis à des contrôles centraux (Tehovnik *et al.*, 2000 ; Enderle, 2000). Après un étourdissement électrique efficace, les porcs peuvent présenter un nystagmus en raison des contractions musculaires involontaires (Grandin, 2014). Par contre, après un étourdissement gazeux efficace, le tonus musculaire est fortement diminué et l'animal ne peut pas présenter un nystagmus (Atkinson *et al.*, 2012 ; Verhoeven *et al.*, 2015).

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.

D'autres 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 conditionnalité. Par exemple, lorsqu'un animal est suspendu ou contenu, la posture debout n'est pas évaluable. De même, lorsque l'animal est en phase tonique ou clonique, on ne peut pas interpréter la présence ou l'absence apparente du réflexe cornéen. 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
Absence de phase tonique	Animal non contenu
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
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

Indicateurs	Contextes et conditions d'observation liés à l'abattoir ou à l'animal
	substances sur les yeux) Accès aux yeux Absence de rotation des globes
Présence de réflexe cornéen	Accès aux yeux Yeux libres et ouverts (pas de sang ou autres substances sur les yeux) Besoin de matériel (pinceaux,) Pas de rotation des globes Pas de nystagmus Hors phase tonique ou clonique
Présence de réflexe pupillaire	Accès aux yeux Besoin de matériel (lampe) Hors phase tonique
Présence de mouvements respiratoires rythmiques	Observation pendant au moins un cycle ; Accès visuel aux flancs ; Hors phase tonique ou clonique
Présence de réponse à un stimulus nociceptif	Accès aux zones corporelles d'intervention

4.5.4 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 (ci-après également dénommées « performances ») n'étaient pas disponibles pour les abattoirs français ou alors pour un nombre d'animaux très faible ou dans des contextes particuliers. Pour les obtenir l'Anses a organisé une élicitation de connaissances d'experts selon la méthode Sheffield décrite ci-après au Chapitre 5 et en Annexe 7.

4.6 Choix des indicateurs de conscience

Les indicateurs visés par le protocole d'échantillonnage 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 peuvent compléter le dispositif de détection d'un animal pour qu'il soit 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 porcs :

*« Un certain nombre d'indicateurs ne demandent pas d'intervention particulière de la part de l'opérateur et sont facilement observables à distance : l'absence d'effondrement, la tentative de redresser la tête ou le corps, la présence de vocalisations, l'absence de mouvements toniques (seulement dans le cas de l'étourdissement électrique) et les mouvements respiratoires rythmiques. Ces quatre (cas de l'étourdissement gazeux) ou cinq (cas de l'étourdissement électrique) indicateurs pouvant être évalués simultanément, **ils doivent être contrôlés systématiquement par les opérateurs, de la sortie du poste d'étourdissement jusqu'à la fin de la saignée.** Si un seul de ces indicateurs est positif, l'animal sera considéré comme conscient et nécessitera un nouvel étourdissement. En plus des contrôles systématiques par les opérateurs, **des contrôles-RPA doivent être effectués sur un échantillon des porcs abattus.** Les personnes habilitées pour faire ces contrôles, en plus de contrôler l'ensemble des indicateurs*

visuels utilisés par les opérateurs, pourraient choisir, dans la liste des indicateurs déjà cités, ceux nécessitant une intervention (réflexe cornéen, palpébral, réponse à un stimulus nociceptif) ou de s'approcher plus près de l'animal : la présence d'un clignement spontané des yeux, le suivi du regard, la présence de réflexe cornéen ou palpébral, et la présence d'une réponse au stimulus nociceptif du groin ou de l'oreille. Par ailleurs, ces observations devraient être réalisées à deux ou trois moments différents pour vérifier l'efficacité de l'étourdissement et que les animaux ne reprennent pas conscience avant la fin du processus d'abattage. Cela suppose d'observer les animaux juste à la sortie du poste d'étourdissement, immédiatement avant l'incision des vaisseaux sanguins lorsque celle-ci n'a pas lieu immédiatement après l'étourdissement, et à la fin de la saignée » (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 :

- Pour l'étourdissement électrique, entre l'étourdissement et le début de la saignée :
 - La présence du réflexe cornéen, du réflexe palpébral, de mouvements du globe oculaire n'est pas utilisable en pratique en raison des mouvements de contraction et de relaxation musculaire (phase tonique puis clonique) qui sont la conséquence de ce type d'étourdissement et qui peuvent impliquer les yeux. Les tests cités sont en conséquence difficilement réalisables et interprétables.
 - La présence de nystagmus n'est pas discriminante pour ce type d'étourdissement, car un animal correctement étourdi peut présenter un nystagmus.
 - La présence d'une réponse à un stimulus nociceptif ne peut pas être utilisée avant le début de la saignée. Elle ne peut l'être qu'entre le début et la fin de la saignée en raison de l'état tonique de l'animal juste après l'étourdissement.
- Pour l'étourdissement gazeux, entre l'étourdissement et le début de la saignée :
 - La présence de réflexe pupillaire n'apporte pas d'information supplémentaire à celle déjà apportée par la pratique du réflexe cornéen. En outre, la présence du réflexe cornéen renseigne réellement sur l'état de fonctionnement de la formation réticulée alors que le réflexe pupillaire est en lien avec une zone neuro-anatomique située juste au-dessus de la formation réticulée.
 - La présence du réflexe palpébral n'apporte pas plus d'information que la présence du réflexe cornéen dans le cas de l'étourdissement gazeux.
 - La présence d'une rotation des globes oculaires ne se présente pas en étourdissement gazeux. L'effet de ce type d'étourdissement est homogène sur les structures neuro-anatomiques concernées. Or, pour provoquer une rotation des globes oculaires, un déséquilibre entre ces structures est nécessaire (cf. Tableau 4), il est obtenu par la stimulation électrique lié à l'étourdissement électrique et par destruction en cas d'utilisation de pistolet à tige perforante.
 - La présence d'un nystagmus n'est pas utilisée en étourdissement gazeux car il ne se présente pas avec ce type d'étourdissement.

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 qui tient compte de la sensibilité de chaque indicateur et nécessite une indépendance statistique entre ces indicateurs.

Tableau 4 : Indicateurs de conscience utilisés à l'abattoir pour le protocole d'échantillonnage pour l'espèce porc

	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 pédonculopontin (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 (<i>gasp</i> , expulsion d'air)	Niveau cortical (aires sensorielles activant les aires motrices et prémotrices), noyau gris centraux ; tronc cérébral
4	Absence de phase tonique	Absence de raidissement généralisé du corps. Raidissement : pattes postérieures fléchies sous le corps et pattes antérieures droites	Essentiellement noyaux gris et tronc cérébral
5	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 bulbaires respiratoires
6	Présence du réflexe cornéen	Fermeture instantanée de la paupière provoquée par un léger contact sur la cornée	Niveau du tronc cérébral (pont rostral), avec réponse réflexe (relai synaptique court sans nécessité de conscience)
7	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
8	Présence de réflexe pupillaire	Constriction de la pupille à l'ouverture de la paupière, ou si l'animal a les yeux ouverts, constriction de la pupille au passage d'un faisceau lumineux	Nerf optique, noyau olivaire (mésencéphale), noyau Edinger-Westphal du mésencéphale et noyau et nerf oculo-moteur du mésencéphale
9	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.
10	Présence de nystagmus	Mouvements d'oscillation des globes oculaires	Flocculus (partie du cervelet très proche du tronc cérébral) ou projections dans le tronc cérébral du côté dorsal du pont rostral
11	Présence de réponse à un stimulus nociceptif sur la tête	Réponse positive à un stimulus nociceptif sur la tête par pincage de la cloison nasale ou du pavillon auriculaire	Nerf trijumeaux et transmission au noyau pédonculo-pontin et à la formation réticulée

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

La mise en œuvre d'une élicitation de connaissances d'experts a permis :

- d'obtenir des données quantitatives de sensibilité et de spécificité des indicateurs de conscience utilisés en abattoir de porcs 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 (Se, Sp) des combinaisons d'indicateurs ont été calculées *a posteriori* à partir des performances individuelles des indicateurs inclus dans chacune des combinaisons faisables.

5.1 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 porcs¹⁰ (EFSA, 2013) 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 porcs 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 obtenues pour estimer la sensibilité 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 des données. Pour la filière porcine, l'élicitation a été conduite en quatre temps car les performances des indicateurs mis en œuvre, (valeurs de sensibilité et de spécificité dans un contexte donné) dépendent de la technique utilisée :

¹⁰ <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.2903/j.efsa.2013.3523/epdf> consulté le 16/01/2017.

- un premier temps a été consacré aux indicateurs détectés visuellement en abattage lors d'un étourdissement électrique ;
- un deuxième temps a été consacré aux indicateurs détectés visuellement en abattage lors d'un étourdissement gazeux ;
- un troisième temps, pour l'abattage avec étourdissement électrique, a été consacré :
 - aux indicateurs nécessitant une intervention sur l'animal ;
 - à une estimation de la faisabilité de l'observation combinée des indicateurs (la combinaison des indicateurs permettant de maximiser la probabilité de détection d'un état conscient de l'animal entre l'étourdissement et la saignée) ;
- un quatrième et dernier temps, pour l'abattage en étourdissement gazeux, a été consacré :
 - aux indicateurs nécessitant une intervention sur l'animal ;
 - à une estimation de la faisabilité de l'observation combinée des indicateurs dans le contexte de l'abattoir.

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.

Il y a en effet un gradient possible des niveaux de conscience à l'abattoir après l'acte d'étourdissement. Il a été décidé de ne considérer que deux catégories : l'animal profondément inconscient et l'animal qui n'est pas profondément inconscient et qui est donc capable de ressentir douleur, souffrance et détresse. Chaque animal qui n'est pas profondément inconscient est donc considéré comme conscient, quel que soit son niveau de conscience élevé ou très bas.

5.2 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.

Les valeurs de sensibilité et de spécificité des combinaisons d'indicateurs utilisées en abattoir de porc 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 saignée, après un étourdissement électrique ou gazeux en abattoir porcin en France :

- absence d'effondrement ;
- présence de tentative de redressement de la tête ou du corps ;
- présence de vocalisations ;
- absence de phase tonique (pour l'étourdissement électrique uniquement) ;
- présence de mouvements respiratoires rythmiques ;

- présence du réflexe cornéen (pour l'étourdissement gazeux uniquement) ;
- présence de clignement spontané des yeux ;
- présence de réflexe pupillaire (ou absence de mydriase);
- présence de mouvements des globes oculaires ;
- présence de nystagmus ;
- présence de réponse à un stimulus nociceptif sur la tête (groin ou oreille).

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. C'est pourquoi la faisabilité de la combinaison des indicateurs en fonction du type d'étourdissement pratiqué et de l'emplacement possible du RPA sur la chaîne d'abattage a fait l'objet d'une élicitation au même titre que les performances de sensibilité et spécificité des indicateurs.

5.3 Méthode d'élicitation pour l'évaluation des performances des indicateurs et de leurs combinaisons

5.3.1 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, 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) ¹¹. La distribution de valeurs obtenue par une élicitation formalisée représente l'incertitude exprimée par un groupe d'experts autour de la valeur recherchée.

5.3.2 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) (cf. Annexe 7).

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 (cf. Annexe 6). 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.

5.3.2.1 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.

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 7. 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

¹¹ (<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.2903/j.efsa.2014.3734/epdf>)

la Figure 7 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 7. Cette distribution de valeurs illustre le niveau d'incertitude autour d'une valeur inconnue, qui serait placée entre 0,2 et 0,6.

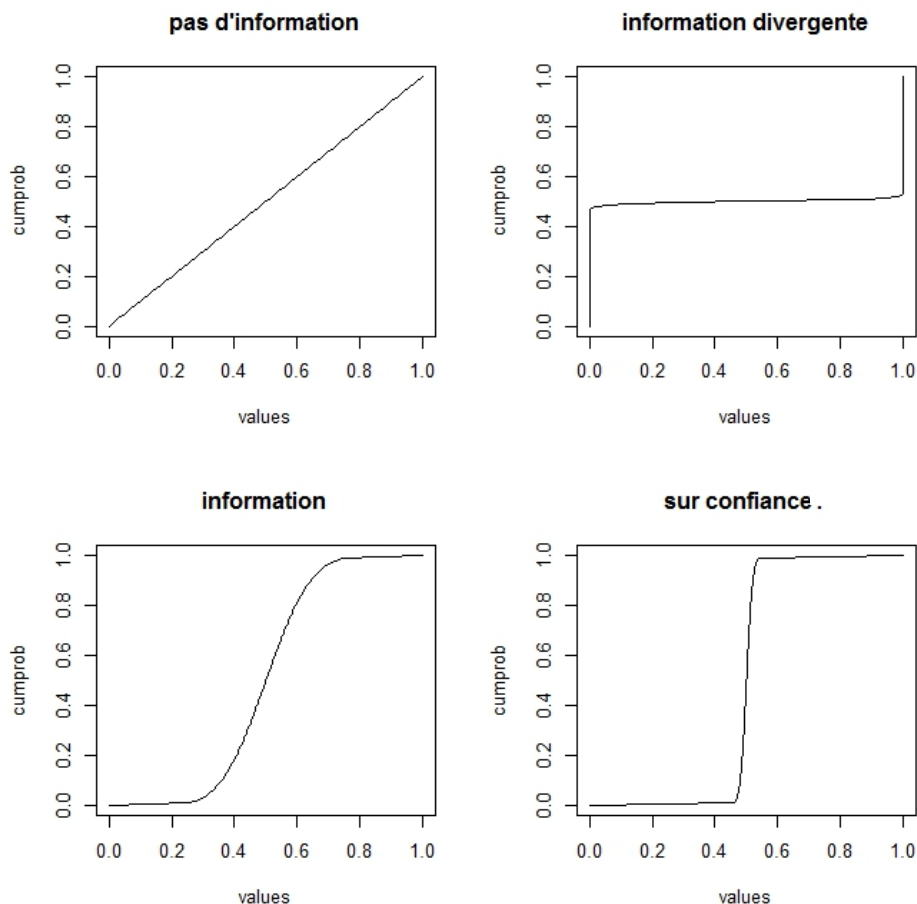


Figure 7 : Différentes formes de la fonction de répartition en fonction de l'incertitude /probabilité (axe Y) autour d'une valeur (axe X) non connue.

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 de la distribution des valeurs obtenue, 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).

5.3.2.2 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 8 ci-dessous :

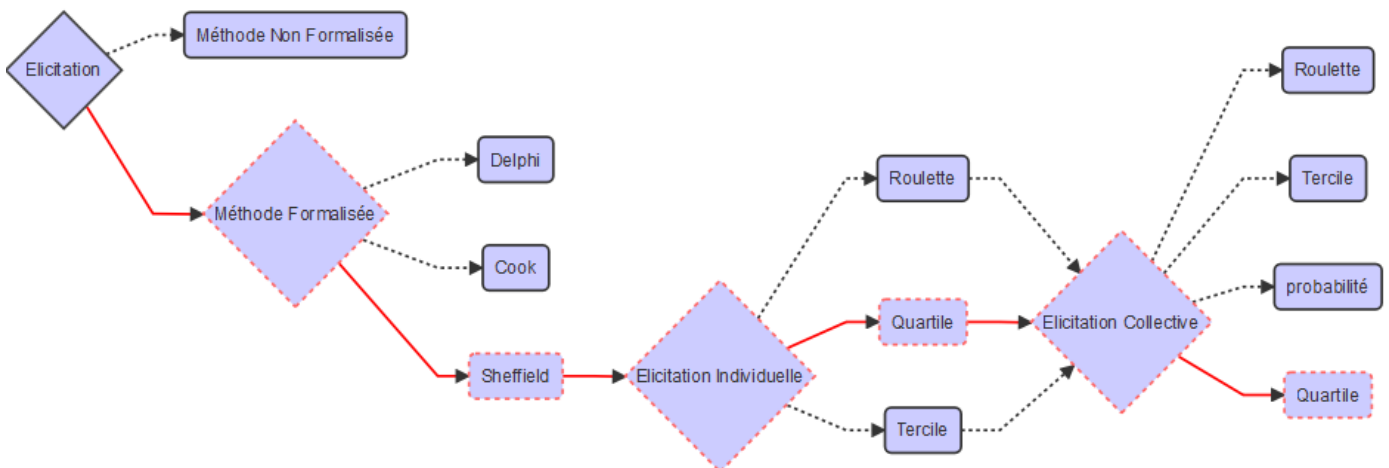


Figure 8 : Choix d'une méthode d'élicitation, les choix effectués dans notre cas correspondent aux éléments fléchés en rouge et en traits pleins ou entourés de pointillés rouges

La méthode quartile a été retenue pour notre élicitation (cf. Annexe 7 Elicitation). 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 crédibilité¹² 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.

5.3.2.3 Choix des experts pour l'élicitation

Les experts participant à l'élicitation présentaient des profils variés, par exemple, vétérinaire, RPA, représentant d'Organisation Non Gouvernementale, chercheurs, 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 est donnée dans le rapport « Elicitation » en Annexe 7.

5.3.3 Elicitation de la faisabilité de la combinaison des indicateurs

Une combinaison d'indicateurs est l'observation et/ou la mise en œuvre simultanée d'indicateurs de conscience sur un même animal à l'abattoir.

Au total, comme neuf indicateurs sont disponibles, plus de 500 combinaisons sont théoriquement possibles (cf. Annexe 7). L'élicitation a permis de sélectionner celles qui sont faisables en conditions de terrain.

Afin de ne pas biaiser les résultats, il a été demandé aux experts de ne pas tenir compte des performances individuelles de chaque indicateur, mais seulement de leur faisabilité.

La sensibilité globale de la combinaison d'indicateurs dépend du nombre d'indicateurs retenus et de leur performance individuelle. Plus le nombre d'indicateurs est élevé dans la combinaison, meilleures sont les performances individuelles des indicateurs combinés et plus la sensibilité globale de la combinaison est élevée. Les combinaisons utilisant le plus grand nombre d'indicateurs ont donc été privilégiées dans un premier temps. Chaque indicateur devait être inclus au moins une fois dans une combinaison. Dans un second temps, il a été demandé d'établir la possibilité d'une combinaison plus courte par substitution d'un ou plusieurs indicateur(s) par un autre plus performant.

5.3.4 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 car, précédemment dans le rapport, les experts ont considéré que les indicateurs de conscience étaient 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.

¹² 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.

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, ...) et en fonction du type d'étourdissement, a été calculée à l'issue de l'élicitation et correspond au résultat final délivré pour chaque type d'étourdissement ci-après (cf. 5.4.3 et 5.4.6).

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 Tableau 8). 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. Annexe 7 et Figure 10), 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.

5.3.5 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.

Par ailleurs, au regard des résultats obtenus, il paraît pleinement justifié d'avoir séparé les deux élicitations selon le mode d'étourdissement pratiqué, gazeux ou électrique. Les indicateurs retenus, d'une part, et leurs performances d'autre part, n'étaient pas identiques.

Certaines remarques recueillies durant le processus d'élicitation limitent l'extrapolation éventuelle des résultats :

- l'élicitation se place dans un contexte français d'abattage de porcs charcutiers de format standard, pour des indicateurs observés entre le poste d'étourdissement et de saignée, avec deux types d'étourdissement possibles. 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.

La connaissance de la part relative des étourdissements électriques en deux ou trois points aurait pu faciliter l'élicitation et diminuer l'incertitude associée aux estimations.

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.

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.

5.4 Résultats et conclusions de l'élicitation

5.4.1 Performances des indicateurs en étourdissement électrique

Les valeurs chiffrées obtenues pour la sensibilité et la spécificité des indicateurs dans le cas de l'étourdissement électrique sont présentées dans le Tableau 5. Les quartiles¹³ 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, moyennes et intervalles de crédibilité ou de confiance à 95 % et 99 %, figurent en Annexe 7. Lorsque les performances des indicateurs sont considérées comme parfaites, 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.

Dans ce même tableau, sont indiqués en italique et par des cases grisées les résultats d'indicateurs qui se sont révélés être non utilisables dans le cadre d'un suivi par échantillonnage en abattoir. Ainsi, les performances du réflexe pupillaire dépendent de la présentation de l'animal, à savoir si celui-ci a les yeux ouverts ou fermés et *in fine* de la fréquence d'animaux présentant l'œil ouvert/fermé sachant qu'ils sont conscients ou inconscients. Ces fréquences ont donc aussi

¹³ 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 à 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 à 25 % de chances d'être au-dessus de ce quartile et 75% d'être en dessous.

été évaluées. Les performances de l'indicateur « réflexe pupillaire » reportées dans ce tableau sont donc conditionnelles à ces fréquences œil ouvert/fermé. Dans la suite du rapport, du fait de sa non mise en œuvre en pratique par le RPA, le réflexe pupillaire après étourdissement électrique est abandonné et n'est pas représenté dans la Figure 9.

Tableau 5 : Paramètres de sensibilité et spécificité retenus pour chaque indicateur après élicitation collective dans le cas de l'étourdissement électrique

RESULTATS	Valeurs de quantiles obtenues à l'issue de l'élicitation collective		
INDICATEUR	Q25	Q50	Q75
SENSIBILITÉ			
absence effondrement	0,200	0,400	0,500
présence de redressement	0,250	0,550	0,650
présence de vocalisation	0,300	0,400	0,650
absence de phase tonique	0,600	0,850	0,900
présence de mouvements respiratoires	0,800	0,900	0,950
présence de clignements spontanés des yeux	0,400	0,700	0,800
présence de poursuite oculaire	0,400	0,600	0,750
fréquence de présentation « yeux ouverts » sachant que l'animal est conscient	0,600	0,800	0,900
fréquence de présentation « yeux ouverts » sachant que l'animal est inconscient	0,200	0,350	0,500
présence de réflexe pupillaire sachant que l'animal a les yeux ouverts	0,800	0,950	0,980
présence de réflexe pupillaire sachant que l'animal a les yeux fermés	0,600	0,850	0,900
SPECIFICITÉ			
absence effondrement	1,000	1,000	1,000
présence de redressement	0,950	0,990	0,995
présence de vocalisation	0,940	0,980	0,990
absence de phase tonique	1,000	1,000	1,000
présence de mouvements respiratoires	0,900	0,950	0,980
présence de clignements spontanés des yeux	0,920	0,950	0,990
présence de poursuite oculaire	0,970	0,990	0,995
présence de réflexe pupillaire sachant que l'animal a les yeux ouverts	0,950	0,980	0,990
présence de réflexe pupillaire sachant que l'animal a les yeux fermés	0,950	0,980	0,990

Cases grisées : les résultats d'indicateurs qui se sont révélés être non utilisables dans le cadre d'un suivi par échantillonnage en abattoir.

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.

La fonction de répartition de chacune des distributions de valeurs suivant une loi bêta permet de visualiser et de comparer les résultats obtenus pour chacun des indicateurs (cf. Figure 9). 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. 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 par exemple obtenue dans la Figure 9 par l'indicateur « présence de mouvements respiratoires rythmiques ».

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 9).

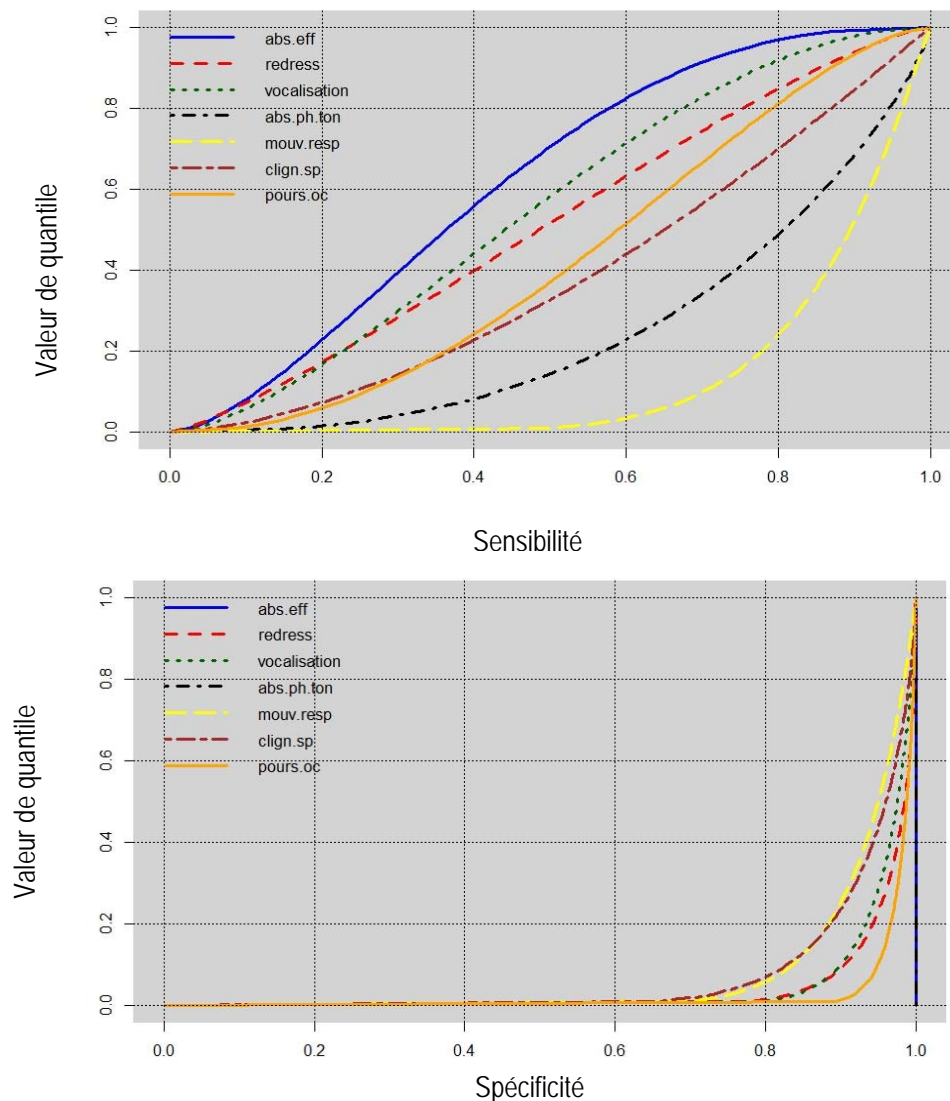


Figure 9 : Distributions des valeurs selon une loi bêta des sensibilités et spécificités des différents indicateurs de conscience après étourdissement électrique

Légende : abs. eff = absence d'effondrement ; redress = présence de tentatives de redressements de la tête ou du corps ; vocalisation = présence de vocalisation ; abs. ph. ton = absence de phase tonique ; mouv. respi = présence de mouvements respiratoires rythmiques ; clign. sp = présence de clignements spontanés des yeux ; pours. oc = poursuite oculaire

5.4.2 Faisabilité des combinaisons d'indicateurs dans le cas de l'étourdissement électrique

Le Tableau 6 représente les conclusions de l'élicitation quant à la faisabilité de combinaisons d'indicateurs à l'abattoir dans le cas d'un étourdissement électrique pour un observateur situé entre l'étourdissement et le début de la saignée. Pour l'étourdissement électrique, en privilégiant les combinaisons les plus longues, une seule combinaison est faisable, quel que soit le contexte, jusqu'au hissage de l'animal. Il s'agit de la combinaison de quatre indicateurs ne nécessitant pas d'intervention du RPA :

- absence d'effondrement,
- présence de tentatives de redressements,
- présence de vocalisations,
- absence de phase tonique.

Les deux autres combinaisons présentées sont faisables mais conditionnées par des contextes favorables particuliers décrits dans le Tableau 6.

Tableau 6 : Combinaisons d'indicateurs faisables selon les contextes décrits dans le cas de l'étourdissement électrique

Combinaison d'indicateurs	Absence d'effondrement	Présence de redressement	Présence de vocalisation	Absence de phase tonique	Présence de mvmts respiratoires rythmiques	Présence de réflexe pupillaire yeux ouverts	Présence de réflexe pupillaire yeux fermés	Présence de clignement spontané des yeux	Présence de poursuite oculaire	Contextes
A	X	X	X	X						Combinaison faisable, jusqu'au hissage
B	X	X	X	X				X	X	Contexte favorable nécessaire : - temps étourdissement-saignée supérieur à 15 secondes - - la cadence n'est pas supérieure à 200 PC abattus à l'heure - accès possible aux animaux après étourdissement
C	X		X		X					Contexte favorable nécessaire : - 25 secondes d'observation par animal - la concentration sur les flancs est telle qu'on ne peut observer la présence de tentatives de redressement ou de phase tonique - les animaux sont hissés en vue d'une saignée verticale

X = indicateur retenu dans la combinaison
PC : porcs charcutiers

5.4.3 Performances des combinaisons d'indicateurs dans le cas de l'étourdissement électrique

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 dans le cas de l'étourdissement électrique.



Tableau 7 : Sensibilité globale de la combinaison d'indicateurs dans le cas de l'étourdissement électrique (100 000 itérations, convergence à la 3^{ème} décimale)

	Moyenne	P 2,5	P 25	Q50/médiane	P75	P 97,5
Combinaison des 4 indicateurs : absence d'effondrement + présence de tentative de redressement + présence de vocalisation + absence de phase tonique	0,958	0.799	0,945	0.98	0,994	1

5.4.4 Performances des indicateurs en étourdissement gazeux

Les résultats obtenus dans le cas de l'étourdissement gazeux sont présentés dans le Tableau 8. Les quartiles obtenus après élicitation collective sont indiqués dans les colonnes correspondantes (quantile 25 % : Q 25, quantile 50 % : Q 50, quantile 75 % : Q 75).

Les caractéristiques de la loi bêta, moyennes et intervalles de crédibilité ou de confiance à 95 % et 99 %, figurent également dans ce tableau. Lorsque les performances des indicateurs sont égales à 1, comme par exemple pour la sensibilité du réflexe cornéen, l'ajustement n'est ni possible ni pertinent, car il n'y a pas d'incertitude associée à la valeur de sa sensibilité.

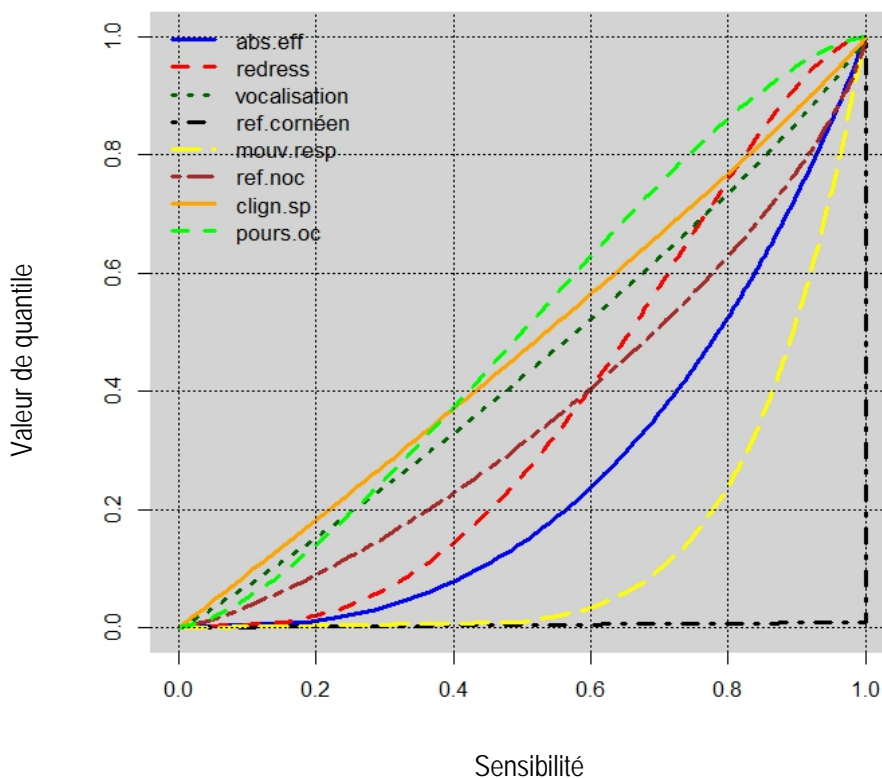
Tableau 8 : Paramètres de sensibilité et de spécificité retenus pour chaque indicateur après élicitation dans le cas de l'étourdissement gazeux

RÉSULTATS	QUANTILES ÉLICITATION COLLECTIVE		
INDICATEUR	Q 25	Q 50	Q 75
SENSIBILITÉ			
Sensibilité absence d'effondrement	0,600	0,800	0,900
Sensibilité présence de redressement	0,500	0,650	0,800
Sensibilité présence de vocalisation	0,300	0,600	0,800
Sensibilité présence de réflexe cornéen	0,998	0,999	1,000
Sensibilité présence de mouvements respiratoires rythmiques	0,800	0,900	0,950
Sensibilité présence de réflexe nociceptif	0,400	0,750	0,850
Sensibilité présence de clignement spontané des paupières	0,300	0,500	0,800
Sensibilité présence de poursuite oculaire	0,300	0,500	0,700
SPÉCIFICITÉ			
Spécificité absence d'effondrement	1,000	1,000	1,000
Spécificité présence de redressement	0,950	0,980	0,990
Spécificité présence de vocalisation	0,970	0,980	0,990
Spécificité présence de réflexe cornéen	0,850	0,900	0,950

INDICATEUR	QUANTILES ÉLICITATION COLLECTIVE		
	Q 25	Q 50	Q 75
Spécificité présence de mouvements respiratoires rythmique	0,850	0,900	0,950
Spécificité présence de réflexe nociceptif	0,920	0,950	0,980
Spécificité présence de clignement spontané des paupières	0,940	0,950	1,000
Spécificité présence de poursuite oculaire	0,950	0,980	0,990

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 consacrée à l'élicitation.

Dans la Figure 10, la meilleure sensibilité est obtenue par l'indicateur « présence de mouvements respiratoires rythmiques ». Il faut remarquer ici que pour des indicateurs communs aux deux types d'étourdissement, les performances d'un même indicateur sont différentes selon le type d'étourdissement considéré. Par exemple, l'indicateur « absence d'effondrement » est plus sensible après un étourdissement gazeux qu'après un étourdissement électrique (cf. Tableau 5 et Tableau 8). Comme pour l'étourdissement électrique, l'incertitude est plus forte pour estimer les sensibilités que les spécificités (cf. Figure 9 et Figure 10).



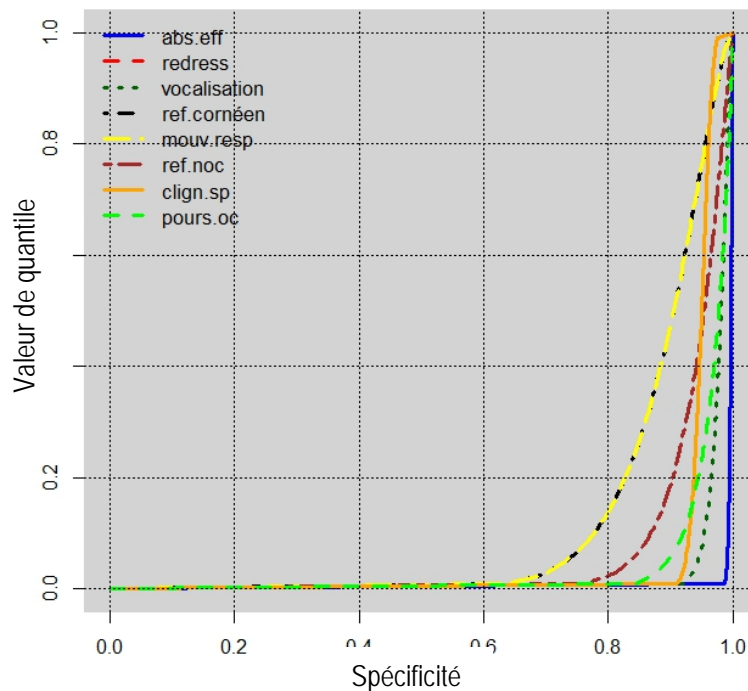


Figure 10 : Distributions des valeurs selon une loi bêta des sensibilités et spécificités des différents indicateurs de conscience après étourdissement gazeux

Légende : abs. eff = absence d'effondrement ; redress = présence de tentatives de redressements de la tête ou du corps ; vocalisations = présence de vocalisations ; ref. cornéen = présence de réflexe cornéen ; ref. noc. = présence d'un réflexe nociceptif ; clign. Sp. = présence d'un clignement spontané des yeux ; pours. oc = présence de poursuite oculaire.

5.4.5 Faisabilité des combinaisons d'indicateurs dans le cas de l'étourdissement gazeux

La faisabilité des combinaisons d'indicateurs dans le cas de l'étourdissement gazeux en fonction du contexte et sous certaines conditions est présentée dans le Tableau 9.

Tableau 9 : Combinaisons d'indicateurs faisables selon les contextes et les conditions décrits dans le cas de l'étourdissement gazeux

N° de combinaison	Contexte	Absence d'effondrement	Présence redressement	Présence vocalisations	Présence mouvements respiratoires	Présence stimulus nociceptif	Présence clignement spontané des yeux	Présence poursuite oculaire	Présence réflexe cornéen	Conditions de réalisation, dans tous les cas accès à l'animal et temps d'observation suffisant
A	Sortie de la nacelle	X	X	X					X	Quelle que soit la cadence
B		X	X	X			X	X	X	200 porcs à heure max
C		X	X	X		X				Quelle que soit la cadence
D		X	X	X			X	X		Quelle que soit la cadence
E	Juste avant la saignée sur un animal hissé		X	X					X	Dans contexte favorable permettant de tester le réflexe cornéen
F			X	X		X				Dans contexte favorable pour réaliser la stimulation nociceptive
G			X	X			X			Quelle que soit cadence
H			X	X	X					Dans contexte favorable pour observer mouvements respiratoires
I	Suivi pendant 1 min du dernier porc sortant de la nacelle : de la sortie de nacelle jusqu'avant saignée	X	X	X	X	X	X	X	X	Dans contexte particulier décrit ci avant
J		X	X	X	X					Dans contexte particulier décrit ci avant
K		X	X	X			X	X		Dans contexte particulier décrit ci avant
L		X	X	X		X				Dans contexte particulier décrit ci avant

X = indicateur retenu dans la combinaison

En grisé sont indiquées les combinaisons d'indicateurs les plus longues et les conditions de réalisation pour qu'elles soient faisables. En privilégiant les combinaisons les plus longues, pour le contexte « Sortie de nacelle », les combinaisons n° A, C et D seraient toujours faisables et pour le contexte « Juste avant la saignée au moment où l'animal est hissé », seule la combinaison n°G serait possible à réaliser.

5.4.6 Performances de combinaisons d'indicateurs dans le cas de l'étourdissement gazeux

Les résultats correspondant à l'évaluation de la sensibilité des combinaisons d'indicateurs dans le cas de l'étourdissement gazeux sont détaillés dans le Tableau 10:

Tableau 10 : Sensibilité globale des combinaisons dans le cas de l'étourdissement gazeux

	Contexte	Moyenne	P 2,5	P 25	Médiane	P 75	P 97,5
Combinaison A : 4 indicateurs : absence d'effondrement + présence de tentative de redressement + présence de vocalisation + présence de réflexe cornéen	Sortie nacelle	1	1	1	1	1	1
Combinaison B : 4 indicateurs : absence d'effondrement + présence de tentative de redressement + présence de vocalisation + présence de réponse à un stimulus nociceptif	Sortie nacelle	0.985	0.903	0.983	0.996	0.999	1
Combinaison C : 5 indicateurs : absence d'effondrement + présence de tentative de redressement + présence de vocalisation + présence de clignement spontané des paupières + présence de poursuite oculaire	Sortie nacelle	0.990	0.934	0.989	0.997	0.999	1
Combinaison D : 3 indicateurs : présence de tentative de redressement + présence de vocalisation + présence de clignement spontané des paupières	Animal hissé avant saignée	0.921	0.664	0.888	0.954	0.983	0.999

Parmi les combinaisons d'indicateurs faisables quelles que soient les caractéristiques de l'abattoir, la combinaison la plus sensible, lorsque le RPA occupe un emplacement en sortie de nacelle, est la combinaison A. Ce résultat est probablement lié au réflexe cornéen qui a une sensibilité quasi parfaite (cf. Tableau 8). Les résultats en termes de spécificité sont donnés dans l'Annexe 7.

La seule combinaison applicable si le RPA occupe un emplacement situé entre le poste de hissage et le poste de saignée est la combinaison D qui présente toutefois la plus faible sensibilité (92,1 %).

6 Recueil de données en abattoirs pour estimer leurs taux de prévalence d'échecs à l'étourdissement

6.1 Contexte de l'abattage des porcs en France

Un panorama général de l'abattage en France pour l'espèce porcine a été dressé afin d'aider à établir des scénarios de 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 le choix d'un scénario d'échantillonnage.

En 2016, 23 821 687 porcs ont été abattus, dont 23 166 369 porcs charcutiers dans les 167 abattoirs recensés en France (données DGAL).

Dans leur rapport sur « Abattage et bien-être animal », F. Hochereau et F. Jourdan proposent une typologie des abattoirs pour les bovins, ovins et porcins¹⁴. 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 800 porcs abattus par heure. Dans les plus petites unités, de type « semi-industriel », 100 porcs sont abattus en moyenne par heure.

Les données d'abattage de l'année 2016 sont présentées ci-dessous selon l'activité journalière (cf. Tableau 11) pour les porcs charcutiers.

¹⁴ <https://www.anses.fr/fr/system/files/CRD-ANSES-INRAoctobre2015.pdf> consulté le 19/05/2017

Tableau 11 : Répartition des abattoirs en fonction de l'activité journalière pour l'année 2016 (source DGAL, 2016)

Taille	Nb de porcs abattus par jour	Nombre d'abattoirs (% du total)	Nombre de porcs charcutiers abattus en (millions de têtes par an) (% du total)
Petit	<200	131 (78%)	1,23 (5%)
Moyens	200-1 000	15 (9%)	2,10 (9%)
Gros	1 000-5 000	14 (8%)	8,63 (37%)
Très gros	> 5 000	7 (4%)	11,20 (48%)
TOTAL		167	23,16

Les experts proposent la classification suivante pour les abattoirs (petits, moyens, gros, très gros), en fonction de leur capacité d'abattage quotidienne (cf. Tableau 11).

La taille des lots de porcs abattus varie de 1 à 250 animaux par lot. En 2016, 36 abattoirs concentrent 95 % des porcs charcutiers abattus. Dix d'entre eux sur 167 représentent 60 % des abattages et 25 % d'entre eux ont réalisé 80 % des abattages de porcs charcutiers en 2016 en France (cf. Figure 11).

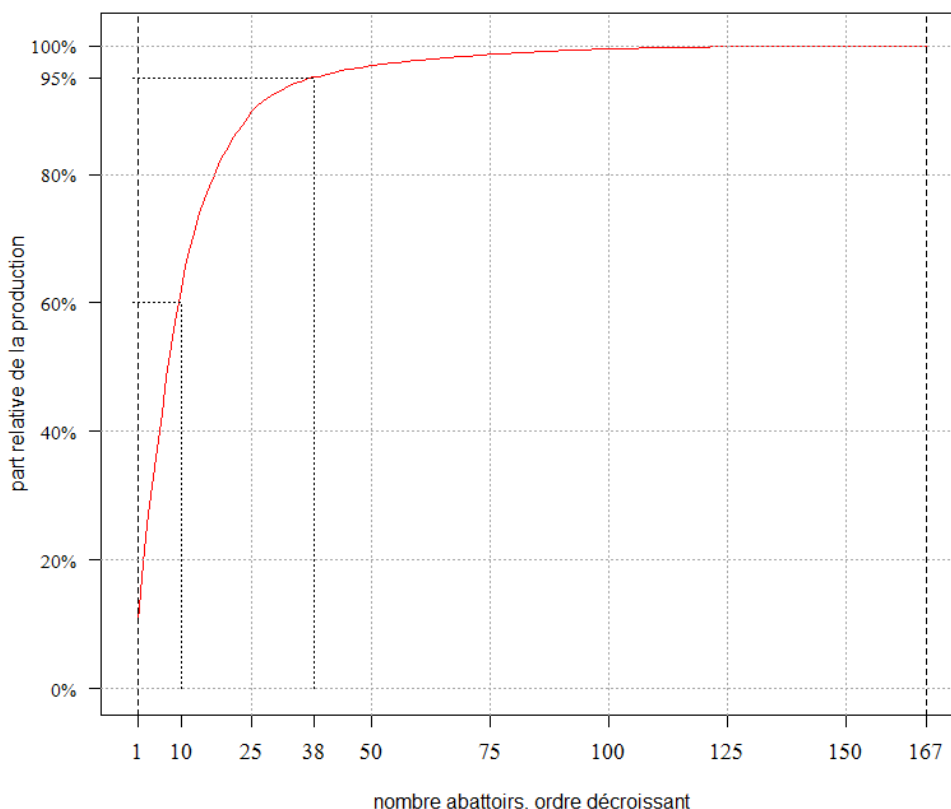


Figure 11 : Part relative de la production représentée par un certain nombre d'abattoirs (données DGAI 2016, sur porc charcutier, en nombre de têtes)

Les experts ne disposaient pas pour établir ce panorama général des données suivantes :

- le nombre de porcs abattus après un étourdissement électrique en deux points et le nombre de porcs abattus après un étourdissement électrique en trois points;

- le nombre de porcs abattus après un étourdissement gazeux et le nombre de porcs abattus après un étourdissement électrique.

6.2 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.

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. Ceci devait permettre au GT Échantillonnage de disposer de données de taux de prévalence moyen des échecs à l'étourdissement et d'établir un scénario réaliste correspondant à ce qui est pratiqué dans les abattoirs français. Il faut noter qu'à ce stade, il n'existe pas de seuil de taux de prévalence limite réglementaire.

6.3 Matériel et méthode

L'étude a porté sur six abattoirs qui ont accepté de participer, dont trois réalisant l'abattage de moins de 200 animaux par jour et trois réalisant l'abattage de plus de 5 000 animaux par jour. Les résultats obtenus tiennent compte de la diversité des situations mais ne sont pas représentatifs de l'ensemble des abattoirs français. Des experts du GT « Échantillonnage » 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 janvier et décembre 2016.

Pour chaque site, des informations générales ont été recueillies : la vitesse de la chaîne d'abattage, la position clairement indiquée du, ou des observateurs, ainsi que le moment de l'observation par rapport à l'ensemble de la procédure.

Compte tenu de la cadence des chaînes, seuls les animaux présentant au moins un indicateur de conscience ont été renseignés sur les fiches de recueil de données. Pour chacun de ces animaux une ligne était renseignée. Dans les plus gros abattoirs, deux observateurs ont été nécessaires, l'un observant les animaux et commentant ses observations, le second notant les commentaires oraux du premier. L'observateur se plaçait si possible juste avant la saignée ou en cas d'impossibilité, après l'étourdissement.

Les observations ont porté sur :

- les types d'animaux : les porcs charcutiers ou les autres catégories d'animaux (truiés, porcelets) dans les plus petits abattoirs ;
- la répartition temporelle des observations sur un jour, avec par exemple, pour les plus gros abattoirs, 10 lots pris au hasard. La règle a été de prendre un ou deux lots par heure sur six heures d'abattage en ayant pris soin de choisir des lots de tailles variées. Un lot correspondait aux animaux d'une même catégorie abattus ensemble et portant le même numéro d'identification de l'élevage ;
- tous les animaux du lot ;
- si un arrêt de chaîne était effectué en cas de problème, les observateurs devaient noter si l'arrêt de chaîne avait eu lieu juste avant l'animal observé ou juste après.

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

- indicateurs à relever :

- absence d'effondrement ;
- présence de tentative de redresser la tête ou le corps ;
- présence de vocalisations ;
- présence de mouvement toniques/ cloniques (correspondant à l'indicateur « Absence de phase tonique ») ;
- présence de mouvements respiratoires rythmiques ;
- la position dans le lot (début ; milieu ; fin) de l'animal présentant un ou des indicateurs de conscience ;
- l'observation de l'animal considéré conscient avait-elle conduit à un arrêt de la chaîne et si oui avant ou après l'animal observé ?

Un traitement statistique des données a été réalisé et fait l'objet du paragraphe 6.4 suivant.

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

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

Pour rechercher des facteurs de risque éventuels, les pourcentages d'échecs à l'étourdissement entre les groupes « abattoirs », « observateurs », « dispositif d'étourdissement » ont été comparés en appliquant le test de Kruskal-Wallis, 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 porcs charcutiers. 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).

6.4 Résultats

6.4.1 Description des abattoirs étudiés

Les données d'un des abattoirs participant à l'étude n'ont pas pu être exploitées du fait d'un nombre insuffisant d'observations. Parmi les cinq abattoirs restants, deux étaient équipés d'un dispositif d'étourdissement gazeux et trois d'un dispositif électrique (un en trois points et deux en deux points) (cf. Tableau 12). Trois abattoirs visités avaient des cadences supérieures à 600 porcs/heure et deux avaient des cadences inférieures à 200 porcs par jour. Les données obtenues permettent ainsi de rendre compte de la diversité des situations d'abattage qui peuvent exister en France même si elles ne sont pas représentatives au sens statistique de l'ensemble des abattoirs français. Par ailleurs, une seule chaîne d'abattage par abattoir a été suivie dans l'étude.

Tableau 12 : Description des caractéristiques de l'échantillon ayant servi à l'estimation du taux de prévalence des échecs à l'étourdissement dans les abattoirs français

Abattoir	N° observateur	Type d'étourdissement	Cadence d'abattage des porcs	Nombre d'animaux abattus durant l'enquête	Nombre d'animaux observés	Nombre de lots
A	3	Gazeux	> 600/h	1 000	1 000	10

B	1	Gazeux	> 600/h	1 644	1 227	13
C	1 et 2	Electrique	> 600/h	1 771	1 293	13
D	3	Electrique	< 200/j	1 000	1 000	10
E	3	Electrique	< 200/j	24	24	1

6.4.2 Taux de prévalence des échecs à l'étourdissement

Dans ce recueil de données, la sous-population d'échantillonnage (population au sein de laquelle sont tirés au sort les animaux constituant l'échantillon) prise en compte correspondait au lot d'animaux abattus.

Les indicateurs de conscience observés étant différents selon le type d'étourdissement, la suite des analyses a donc été poursuivie séparément pour les deux types d'étourdissement.

6.4.2.1 Dispositif d'étourdissement électrique

Au sein des trois abattoirs équipés d'un dispositif d'étourdissement électrique, 24 lots de porcs ont été étudiés correspondant au total à 2 795 animaux. La recherche d'indicateurs de conscience a été conduite sur 2 317 porcs (total des animaux échantillonnés). Le pourcentage moyen par lot d'animaux observés était de 87 %.

Tableau 13 : Caractéristiques des lots de porcs étudiés, étourdissement électrique

Variable (nombre de lots ou de porcs)	moyenne	écart-type	minimum	médiane	maximum
Taille du lot (24)	116	32	24	100	182
Taille de l'échantillon (24)	97	16	24	100	100
Taille de l'échantillon (en % du lot) (24)	87	16	55	67	100
Durée d'observation du lot (minutes, secondes) (23)	8'46"	7'47"	6'	7'	50'
Durée d'observation d'un porc (minutes, secondes) (2 317)	0'10"	0'33"	0'04"	0'04"	3'07"
Taux de prévalence des échecs (%) (24)	0,75	1,45	0	0	6,00

Le taux de prévalence moyen des échecs à l'étourdissement a été de 0,75 % (+/- 1,45 %), avec une valeur maximale de 6 % ce qui explique la dispersion des valeurs observées. La médiane des échecs à l'étourdissement a été de 0 %. En effet, sur les 24 lots étudiés, 15 ont présenté un taux de prévalence nul d'échecs à l'étourdissement et trois lots ont présenté un taux de prévalence entre 2 % et 6 %. Ces valeurs extrêmes ont donc eu une forte influence sur la moyenne.

6.4.2.2 Dispositif d'étourdissement gazeux

Au sein des deux abattoirs équipés d'un dispositif d'étourdissement gazeux, 23 lots de porcs ont été étudiés, correspondant au total à 2 644 animaux. La recherche d'indicateurs de conscience a été conduite sur un échantillon de 2 227 porcs. Le pourcentage moyen par lot d'animaux observés était de 89 % (la sous-population d'échantillonnage correspondait au lot).

Tableau 14 : Caractéristiques des lots de porcs étudiés dans l'échantillon, étourdissement gazeux

Variable (nombre de lots ou de porcs)	moyenne	écart-type	Min	médiane	max
Taille lot (23)	115	32	66	100	200
Taille échantillon (23)	97	8	66	100	100
Taille de l'échantillon (en % du lot) (n=23)	89	17	50	100	100
Durée observation du lot (minutes, secondes) (23)	10'36"	1'24"	7'00"	10'00"	13'00"
Durée d'observation d'un porc (minutes, secondes) (2 227 ¹⁸)	0'07"	0'01"	0'05"	0'06"	0'10"
Taux de prévalence des échecs (%) (23)	0,15	0,39	0	0	1,28

Le taux de prévalence moyen des échecs à l'étourdissement a été estimée à 0,15 % (+/- 0,39 %), avec une valeur maximale de 1,28 % ce qui explique la dispersion des valeurs observées. La médiane des échecs à l'étourdissement a été de 0 %. En effet, sur les 23 lots étudiés, 20 ont présenté un taux de prévalence nul d'échecs à l'étourdissement et trois lots ont présenté un taux de prévalence autour de 1 %.

6.4.3 Facteurs de risque d'échec à l'étourdissement

Le pourcentage d'échecs à l'étourdissement ne présentait pas de différence statistiquement significative pour les trois facteurs de risque investigués (cf. Tableau 15) :

- l'abattoir,
- l'observateur,
- le type d'étourdissement.

Cependant, il faut remarquer qu'il s'agit d'une étude pilote conduite sur très peu d'abattoirs. Les résultats sont donc à considérer avec une grande précaution.

Tableau 15 : Recherche de facteurs de risques d'échec à l'étourdissement

Facteur étudié	Nombre de lots	Echecs (en % par lot)	Echecs (en nombre d'animaux/ par lot)	P (test de Kruskal-Wallis) et signification statistique
<u>1/ Abattoir</u>				
• A	10	0	0	0,11 NS
• B	13	26 %	3	
• C	13	31 %	4	
• D	10	140 %	14	
• E	1	0	0	
<u>2/ Observateur</u>				
• 1 (abattoirs B et C)	16		0,33 / 5	0,84 NS
• 2 (abattoirs C)	10		0,21 / 2	
• 3 (abattoirs A, D et E)	21		0,67 / 14	
<u>3/ Type d'étourdissement</u>				
• Electrique (abattoirs C, D et E)	24		0,75 / 18	0,06 NS
• Gazeux (abattoirs A et B)	23		0,15 / 3	

NS = non significatif

6.4.4 Caractéristiques des échecs à l'étourdissement

6.4.4.1 Lots

Pour les deux types d'étourdissement, un total de 12 lots comprenait au moins un animal avec au moins un indicateur de conscience positif :

- trois lots (trois animaux) dans un abattoir équipé d'un dispositif d'étourdissement gazeux,
- neuf lots (18 animaux) dans un abattoir équipé d'un dispositif d'étourdissement électrique.

Tableau 16 : Nombre d'individus présentant au moins un indicateur de conscience par lot

Nombre de porcs ayant présenté au moins un indicateur de conscience au sein du lot	Nombre de lots dans les abattoirs à étourdissement électrique	Nombre de lots (et nombre total d'animaux concernées) dans les abattoirs à étourdissement gazeux
0	15 ¹⁵	20 ¹⁶
1	6	3
2	1	0
4	1	0
6	1	0

6.4.4.2 Individus

La grande majorité des porcs évalués conscients (c'est-à-dire ayant présenté au moins un indicateur de conscience positif) présentait un seul indicateur de conscience sur les quatre indicateurs recherchés dans les abattoirs équipés d'un dispositif d'étourdissement électrique, et sur les cinq indicateurs recherchés dans les abattoirs équipés d'un dispositif d'étourdissement gazeux (cf. Tableau 17).

Tableau 17 : Indicateur(s) de conscience et nombre d'indicateurs présentés par les animaux identifiés comme conscients

Indicateur de conscience	Etourdissement électrique	Etourdissement gazeux
	Nombre d'individus présentant cet indicateur de conscience sur 2 317 PC observés au total	Nombre d'individus présentant cet indicateur de conscience sur 2 227 PC observés au total
Absence d'effondrement	2	0
Présence de tentative de redressement tête/corps	6	0
Présence de vocalisations	14	0
Absence de mouvements toniques/cloniques	1	NO
Présence de mouvements respirations rythmiques	NC	3
Nombre d'indicateurs observés	23	3
Nombre total d'individus ayant présenté au moins un indicateur de conscience	18* (le nombre total d'observations était de 23 car certains animaux ont pu présenter plus d'un indicateur)	3

NO : non observés car cet indicateur est spécifique de l'étourdissement électrique.

¹⁵ Correspondant à 2 299 porcs échantillonnés

¹⁶ Correspondant à 2 224 porcs échantillonnés

NC : non observable compte tenu de la vitesse de la chaîne dans les abattoirs visités

Une minorité de porcs (4) ayant été étourdis selon un dispositif électrique a présenté plusieurs indicateurs de conscience simultanément : trois animaux ont présenté deux indicateurs et un animal a présenté trois indicateurs. Les porcs qui ont vocalisé, ont gardé la posture debout.

6.4.4.3 Influence de la position de l'animal dans le lot sur l'échec à l'étourdissement

Les répartitions du nombre de porcs présentant au moins un indicateur de conscience en début, milieu et fin de chaîne d'abattage n'étaient pas statistiquement différentes entre les deux types d'étourdissement (test de Fisher, $p=0,76$) (cf. Tableau 18).

Tableau 18 : Nombres de porcs étourdis suivant les deux procédés présentant au moins un indicateur de conscience en début, milieu et fin de chaîne d'abattage

Facteur d'étude	Étourdissement électrique	Étourdissement gazeux
	Nombre d'individus sur 18 notés conscients	Nombre d'individus sur 3 notés conscients
Position de l'animal dans le lot :		
- début	6	0
- milieu	7	2
- fin	5	1
Présence d'un arrêt de chaîne pendant l'abattage du lot	1	3
Si arrêt chaîne, position de l'animal :		
- avant l'arrêt	non précisé	0
- après l'arrêt	non précisé	3

6.5 Conclusions

Ces données ont été utilisées pour établir des scénarios permettant de construire le protocole d'échantillonnage en fonction du pourcentage minimal d'animaux mal étourdis qu'il est souhaitable de pouvoir détecter (seuil T_1 du protocole d'échantillonnage). L'autorité compétente pourra se référer aux exemples de scénarios développés ci-après pour fixer les seuils d'acceptabilité de taux d'échecs à l'étourdissement.

Le recueil de données a permis de donner un ordre de grandeur du taux de prévalence des échecs à l'étourdissement en abattoir de porcs charcutiers, dans des conditions d'abattage françaises. Ce taux de prévalence est faible ($< 1\%$) au sein des cinq abattoirs volontaires étudiés, qui appartiennent à deux des quatre catégories d'abattoirs proposées par les experts avec des exceptions pour certains lots. Ces résultats permettent de définir des scénarios plausibles pour établir le protocole d'échantillonnage en fonction du taux de prévalence minimal d'échecs à l'étourdissement qu'il est souhaitable de détecter et la taille de la population abattue.

PARTIE 2 : RÉSULTATS « PLANS DE CONTRÔLE PAR ÉCHANTILLONNAGE »

7 Proposition d'une stratégie d'échantillonnage

Dans un souci de simplification du rapport et pour en améliorer la lisibilité, la majorité des équations justifiant chaque point abordé ci-après figure en Annexe 3. Un approfondissement de chacune des parties de ce chapitre est donc possible en se référant à cette annexe.

7.1 Considérations préalables

Les experts ont souhaité effectuer quelques rappels afin que les différents scénarios soient compréhensibles par tous.

7.1.1 Rappels sur les notions de prévalence attendu, de taux de prévalence limite (TPL) et de sous-population d'échantillonnage

En l'absence de facteurs de risque identifiés, le taux de prévalence d'échecs dont il sera question par la suite est un taux de prévalence (fréquence d'échecs à l'étourdissement) valable pour l'ensemble de la population cible (les porcs charcutiers) dans un abattoir et pour chaque sous-population d'échantillonnage vérifiée.

Le taux de prévalence des échecs à l'étourdissement observé dans les abattoirs de porcs est un taux de prévalence apparente. L'écart entre le taux de prévalence apparente et le taux de prévalence réelle dépend des performances (sensibilité globale et spécificité 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) :

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

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

La spécificité de la combinaison des indicateurs (Sp_g) n'est pas prise en compte dans la suite du rapport. En effet, les faux-positifs, c'est-à-dire les animaux correctement étourdis et donc inconscients mais qui ont été notés conscients par l'observateur, résultent d'un manque de spécificité. En termes de protection animale à l'abattoir, les faux-positifs ne représentent pas un risque.

Le taux de prévalence apparente est, dans ce rapport, le taux de prévalence d'échecs initial évalué par échantillonnage (T_0). C'est le taux de prévalence d'échecs à l'étourdissement de l'abattoir avant toute intervention.

Le taux de prévalence limite d'échecs (T_1) peut être ensuite suivi dans le temps par échantillonnage, en s'assurant que la taille de l'échantillon en permet la détection. Ce TPL (T_1) doit être fixé par l'abattoir et/ou le gestionnaire dans le cadre d'un processus d'amélioration continue.

La sous-population d'échantillonnage peut être constituée des animaux d'un lot ou d'une période continue d'observation au cours de laquelle la sous-population considérée doit être constituée d'animaux dont les caractéristiques sont stables dans le temps. C'est dans cette sous-population d'échantillonnage que sera constitué un échantillon permettant d'estimer le taux de prévalence initial d'échecs à l'étourdissement (T_0) ou d'évaluer si un TPL n'est pas dépassé (T_1).

7.1.2 Taille de la sous-population d'échantillonnage

Lors de l'établissement du T_0 , si aucun animal n'est considéré conscient dans l'échantillon contrôlé, le taux de prévalence attendu a peut-être été surestimé. En effet le nombre d'animaux inclus dans l'échantillon contrôlé dépend du taux de prévalence attendue estimé, plus celui-ci est faible plus le nombre d'animaux à contrôler est grand.

Il faut alors renouveler les observations sur un échantillon plus important, c'est-à-dire correspondant à une valeur plus faible de taux de prévalence d'échecs attendue. Il faudra pour cette estimation adapter la taille de la sous-population d'échantillonnage en tenant compte des recommandations évoquées ci-après.

Dans le cadre du T_1 , la sous-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 réelle des échecs à l'étourdissement dans la sous-population est inférieur au TPL fixé pour le plan d'échantillonnage de T_1 .

En pratique, si le T_1 est très faible (0,1 %), la sous-population d'échantillonnage peut alors être augmentée pour correspondre à la population abattue sur un jour ou plusieurs jours successifs d'activité en tenant compte des recommandations évoquées dans le paragraphe ci-après.

7.1.3 Tailles limites de l'échantillon

Les experts recommandent que :

- si la taille de l'échantillon devient élevée, par exemple supérieure à 90 % de la sous-population d'échantillonnage, tous les animaux constituant la sous-population d'échantillonnage doivent être surveillés, le contrôle de second niveau ne peut pas être réalisé selon un plan d'échantillonnage.
- la taille relative de l'échantillon (ou fraction d'échantillonnage) soit supérieure à 5 % de la sous-population d'échantillonnage, dans tous les cas de figure. Pour les faibles prévalences, cela sera toujours le cas et pour les prévalences plus élevées (>2%) cela permettra d'avoir une taille d'échantillon suffisante pour pouvoir suivre différentes périodes ou différents lots dans une journée, afin de rectifier la situation au plus vite. En outre, la sous-population d'échantillonnage ne devra pas dépasser le nombre d'animaux abattus sur une période d'une semaine quelles que soient les situations considérées et toujours sous la **condition que les paramètres d'étourdissement soient constants sur la période considérée. Dans le cas où la sous-population d'échantillonnage correspondrait au nombre d'animaux abattus durant plus d'une journée, les observations doivent être réparties sur une base quotidienne.**

- **la taille de l'échantillon doit être supérieure à 5 % de la taille de la sous-population et au-delà de 90 % de la taille de la sous-population, tous les animaux doivent être observés, le contrôle de second niveau ne peut pas être réalisé selon un plan d'échantillonnage ;**
- **le ou les contrôles doivent être quotidiens.**

7.1.4 Prise en compte des performances des indicateurs et du type d'étourdissement

Seules les performances de la combinaison d'indicateurs généralement appliquée dans le cas de l'étourdissement électrique sont présentées et utilisées ci-après pour les calculs. Les plans d'échantillonnage possibles à partir d'autres combinaisons d'indicateurs faisables sont accessibles *via* l'application en ligne¹⁷ développée en accompagnement de ce rapport et dont le didacticiel est donné en Annexe 6. Si la situation le permet, il est possible d'ajouter des indicateurs à la combinaison généralement applicable, en vue d'améliorer la sensibilité globale du système.

Dans le cas du contrôle d'un TPL, l'impact de l'incertitude liée aux performances de ces combinaisons d'indicateurs sur la taille de l'échantillon sera examiné ci-après.

7.2 Taille de l'échantillon pour estimer un taux de prévalence apparente (T_0) et suivre un taux de prévalence limite (T_1)

7.2.1 T_0 : estimation initiale d'un taux de prévalence apparente

La première étape du plan d'échantillonnage consiste à réaliser un état des lieux pour estimer le taux de prévalence 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 crédibilité ou de confiance. Celui-ci est en général choisi à 95 % ;
- du taux de prévalence apparent attendu des échecs à l'étourdissement dans la population ;
- de la précision du résultat souhaitée, à titre d'indication la précision relative ne devrait pas dépasser 50 %. Par exemple, si le taux de prévalence attendu est de 5 % plus ou moins 2,5 %, la précision absolue est de 2,5 % ; la précision relative est $2,5 / 5 = 50$ %.

7.2.2 T_1 : suivi d'un taux de prévalence limite après l'établissement du T_0

Le suivi d'un TPL, ou T_1 , fait suite à la détermination du T_0 . Ce suivi consiste à vérifier au cours du temps que le TPL fixé n'est pas dépassé.

Le nombre d'animaux à observer pour être sûr de détecter avec un intervalle de crédibilité ou de confiance de 95 %, au moins un animal considéré conscient si le taux de prévalence dans la sous-population dépasse le TPL fixé, est calculé avec la formule détaillée en Annexe 3.

Pour produire les scénarios qui vont suivre, les données recueillies dans les abattoirs français ont été utilisées pour estimer les taux de prévalence d'échecs à l'étourdissement et les tailles de lot les plus plausibles.

• ¹⁷ <https://shiny-public.anses.fr/Echeleporc/>

• <https://shiny-public.anses.fr/Echgazporc/>

Le niveau de confiance est également un paramètre à prendre en compte. Il est usuellement fixé à 95 % et les experts de l'Anses recommandent de ne pas descendre en dessous de cette valeur (Petrie et Watson, 2013).

Les règles des décisions pour mettre en œuvre un plan d'échantillonnage dans un abattoir ont été schématisées dans la Figure 12.

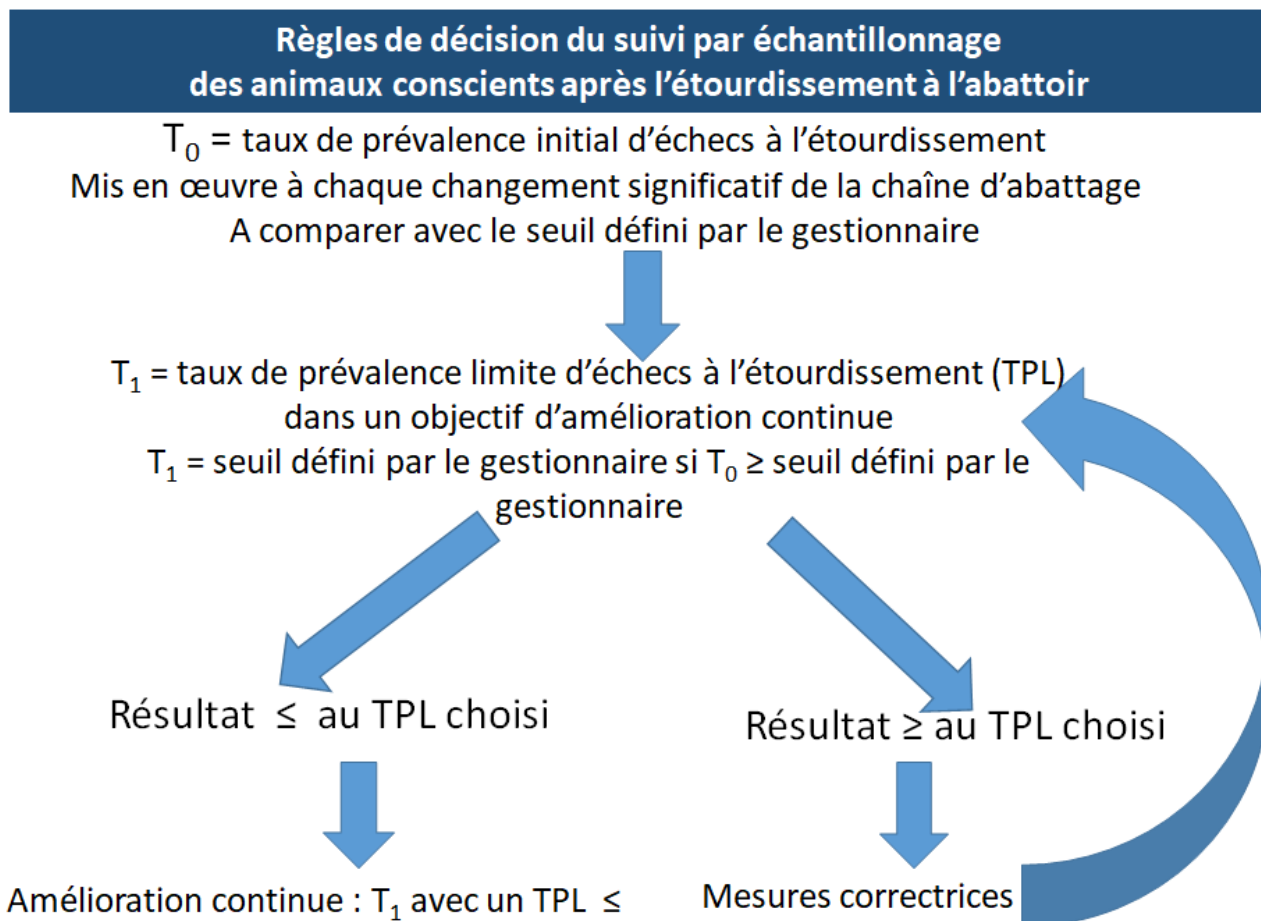


Figure 12 : Règles de choix du TPL pour un suivi par échantillonnage

Un changement significatif de la chaîne peut correspondre à un changement d'équipe ou un redémarrage de chaîne, etc.

Dans le cadre de l'amélioration continue, le taux de prévalence d'échecs doit tendre vers 0.

7.3 Effet de différents paramètres sur la taille de l'échantillon dans le cas de l'évaluation de T₁ en étourdissement électrique

7.3.1 Effet de l'incertitude de la valeur de sensibilité globale de la combinaison d'indicateurs de conscience

Pour chaque valeur de TPL et de taille de la sous-population d'échantillonnage du Tableau 19, la taille de l'échantillon a été calculée en tenant compte de l'incertitude associée à la valeur de sensibilité de la combinaison d'indicateurs de conscience. Ce calcul a abouti à une distribution de valeurs possibles pour la taille de l'échantillon et a été résumé dans le Tableau 19 par la valeur médiane de cette distribution et de son intervalle de crédibilité ou de confiance à 95 % (entre crochets).

Tableau 19 : Taille médiane (et intervalle de crédibilité ou de confiance à 95 %) de l'échantillon nécessaire pour détecter un TPL en fonction de la taille de la sous-population d'échantillonnage des échecs à un étourdissement de type électrique

TPL des échecs à l'étourdissement (%)	Taille de la sous-population d'échantillonnage (nombre d'animaux par lot)						
	20	50	100	120	150	200	250
0,10							
0,25							
0,5							
1						158 [155-195]	178 [174-219]
2			79 [77-97]	87 [85-107]	96 [94-119]	107 [105-132]	114 [112-141]
3			64 [63-79]	68 [67-85]	74 [72-91]	79 [78-98]	83 [81-103]
4		39 [38-49]	53 [52-66]	56 [55-69]	59 [58-73]	63 [61-78]	65 [64-80]
5		36 [34-44]	45 [44-56]	47 [46-58]	49 [48-61]	52 [51-64]	53 [52-66]

Le gris correspond à la situation où l'échantillon représente plus de 90 % de la sous-population d'échantillonnage. Dans ce cas, l'échantillonnage n'est pas recommandé.

Dans le Tableau 19, les intervalles de crédibilité ou de confiance à 95% ne sont pas très étendus autour de la valeur médiane de la taille de l'échantillon nécessaire. Ainsi, 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 pour construire les scénarios dans le cadre d'un étourdissement de type électrique.

7.3.2 Effets du taux de prévalence limite et de la taille de la sous-population d'échantillonnage

Les cases grisées dans les tableaux suivants correspondent à deux situations :

- soit, en moyenne, il y a moins d'un animal conscient dans la sous-population d'échantillonnage ;
- soit l'échantillon représente plus de 90 % de la sous-population d'échantillonnage, ce qui conduit à ne pas préconiser l'échantillonnage et donc à observer l'intégralité des animaux du lot.

Il est toujours envisagé dans un premier temps de réaliser un échantillonnage au sein d'une sous-population d'échantillonnage correspondant au lot d'animaux (cf. Tableau 20).

Comme évoqué précédemment, pour contourner la difficulté de détection liée à la rareté des échecs à l'étourdissement, il est suggéré d'augmenter la taille de la sous-population d'échantillonnage en passant du lot d'animaux abattus à un nombre d'animaux supérieur tel que l'ensemble des animaux abattus par exemple sur la journée ou la semaine (cf. Tableau 21 et Tableau 22). Cette option n'est valable que sous réserve que les caractéristiques de la sous-population échantillonnée (ici porcs abattus sur une journée ou une semaine) soient comparables à celles de la population cible et que l'efficacité du procédé d'abattage soit stable dans le temps.

Tableau 20 : Taille de l'échantillon en nombre d'animaux et en pourcentage de la taille de la sous-population d'échantillonnage en fonction du TPL et de la taille de la sous-population d'échantillonnage avec un niveau de confiance de 95 % lorsque la sous-population d'échantillonnage est le lot d'animaux

TPL (%)	Taille de la sous-population d'échantillonnage : nombre d'animaux par lot						
	20	50	100	120	150	200	250
0,1							
0,25							
0,5							
1					132 (88 %)	158 (79 %)	178 (71 %)
2			79 (79 %)	87 (73 %)	96 (64 %)	107 (54 %)	114 (46 %)
3		44 (88 %)	64 (64 %)	68 (57 %)	74 (49 %)	79 (40 %)	83 (33 %)
4		39 (78 %)	53 (53 %)	56 (47 %)	59 (39 %)	63 (32 %)	65 (26 %)
5		36 (70 %)	45 (45 %)	47 (39 %)	49 (33 %)	52 (26 %)	53 (21 %)

Le gris correspond à la situation où l'échantillon représente plus de 90 % de la sous-population d'échantillonnage, dans ce cas, l'échantillonnage n'est pas recommandé.

Par exemple, pour une sous-population d'échantillonnage correspondant à un lot de 200 animaux et un taux de prévalence limite de 5 %, la taille de l'échantillon correspond à 26 % de la taille de la sous-population d'échantillonnage.

Lorsque la taille de la sous-population d'échantillonnage augmente, la taille relative de l'échantillon diminue. La taille de l'échantillon ne doit toutefois pas être inférieure à 5 % de la sous-population d'échantillonnage.

Tableau 21 : Taille de l'échantillon en nombre d'animaux et en pourcentage de la taille de la sous-population d'échantillonnage en fonction du taux de prévalence limite (TPL) des échecs à l'étourdissement et de la taille de la sous-population d'échantillonnage (niveau de confiance fixé à 95 %) lorsque la sous-population d'échantillonnage est la population abattue quotidiennement

TPL des échecs à l'étourdissement (%)	Taille de la sous-population d'échantillonnage : nombre d'animaux abattus par jour					
	200	300	500	1 000	5 000	10 000
0,10					2 300 (46 %)	2 642 (26 %)
0,25				712 (71 %)	1 087 (22 %)	1 152 (11,5 %)
0,5		265 (88 %)	356 (71 %)	459 (46 %)	575 (11,5 %)	592 (5,9 %)
1	158 (79 %)	193 (64 %)	229 (46 %)	263 (26 %)	295 (5,9 %)	500 *(5 %)
2	107 (53,5 %)	119 (40 %)	131 (26 %)	141 (14 %)	250* (5 %)	500* (5 %)
3	79 (39,5 %)	86 (29 %)	91 (18 %)	96 (9,6 %)	250* (5 %)	500* (5 %)
4	63 (31,5 %)	66 (22 %)	70 (14 %)	72 (7,2 %)	250* (5 %)	500* (5 %)
5	52 (26 %)	54 (18 %)	56 (11 %)	58 (5,8 %)	250* (5 %)	500* (5 %)

Le gris correspond à la situation où l'échantillon représente plus de 90 % de la sous-population d'échantillonnage, dans ce cas, l'échantillonnage n'est pas recommandé.

* : La taille minimale de l'échantillon correspond à 5 % de la sous-population d'échantillonnage.

Par exemple, pour un TPL de 1 % d'échecs à l'étourdissement et une capacité d'abattage quotidienne de 1 000 animaux, 263 animaux doivent être échantillonnés au cours de la journée pour pouvoir détecter moins de 1 % des animaux présentant au moins un indicateur de conscience. Si aucun animal ne présente d'indicateur de conscience, il est possible d'affirmer avec 95 % de certitude que le taux de prévalence réelle des échecs à l'étourdissement est inférieur à 1 %.

Lorsque le TPL est très faible, par exemple égal ou inférieur à 0,1 %, même dans les abattoirs de grande capacité, il est suggéré d'augmenter encore la sous-population d'échantillonnage, en passant de l'ensemble des animaux abattus sur une journée à l'ensemble des animaux abattus sur une semaine tout en conservant une observation quotidienne et des procédures adaptées. Comme indiqué précédemment, cette option suppose que dans le temps les caractéristiques de la sous-population échantillonnée soient comparables et que l'efficacité du procédé d'abattage soit stable.

Tableau 22 : Taille de l'échantillon en nombre d'animaux et en pourcentage de la taille de la sous-population d'échantillonnage nécessaire en fonction de la taille de la sous-population d'échantillonnage (par exemple : nombre d'animaux abattus par semaine) pour un TPL de 0,1 % lorsque la sous-population d'échantillonnage est la population abattue durant une semaine

TPL 0,1 %	Taille de la sous-population d'échantillonnage : nombre d'animaux abattus par semaine						
	5 000	10 000	15 000	20 000	25 000	30 000	40 000
Taille de l'échantillon	2 300 (46 %)	2 642 (26 %)	2 771 (18,5 %)	2 839 (14 %)	2 881 (11,5 %)	2 909 (9,8 %)	2 945 (7,4 %)

Les graphiques de l'Annexe 2 illustrent la variation de la taille de l'échantillon (en ordonnée) en fonction du taux de prévalence limite (en abscisse), selon différentes tailles de sous-population d'échantillonnage.

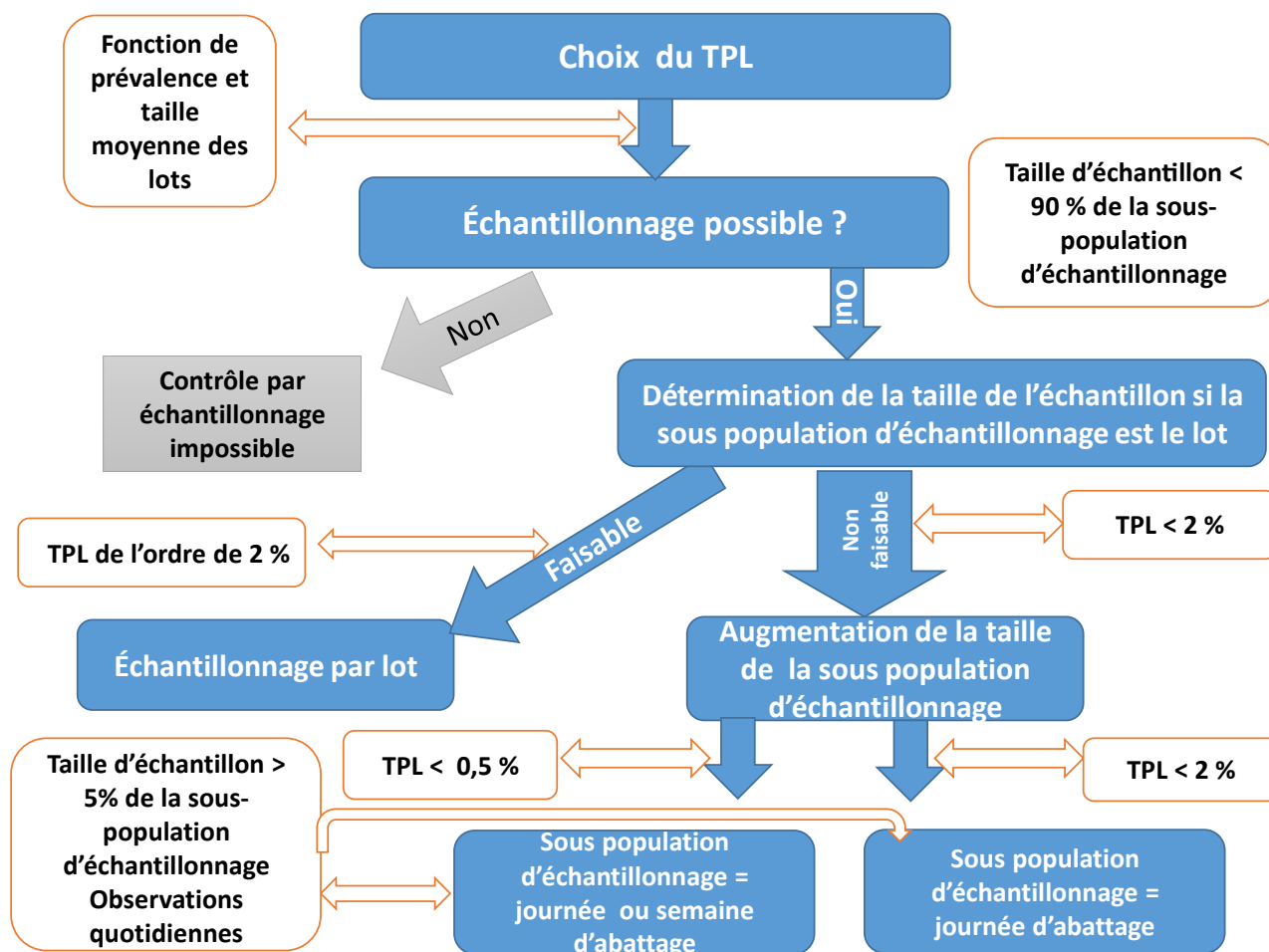


Figure 13 : Règles de décisions pour le choix de la sous-population d'échantillonnage dans le cadre du T₁

Rectangles rouges et blanc : règles utilisées pour le choix des sous-populations d'échantillonnage

Pour l'établissement de scénarios, plusieurs paramètres susceptibles d'influencer la taille de la sous-population d'échantillonnage et la taille de l'échantillon ont été considérés :

- l'incertitude : les intervalles de crédibilité ou de confiance à 95% n'étant pas très étendus autour de la valeur médiane de la taille de l'échantillon, seules les valeurs médianes ont été retenues ;
- la faisabilité de l'échantillonnage lorsque l'activité de l'abattoir est importante et le TPL faible. Dans ces conditions et sous réserve que les caractéristiques des individus de la sous-population échantillonnée et le procédé d'abattage soient stables dans le temps, il est proposé d'augmenter la sous-population échantillonnée à l'activité d'une journée ou d'une semaine d'abattage. Une fréquence d'observations quotidienne doit cependant être respectée, et le caractère aléatoire de l'échantillonnage préservé ;
- la taille relative de l'échantillon soit supérieure à 5 % de la taille de la sous-population et qu'au-delà de 90 % de la sous-population d'échantillonnage, tous les animaux soient observés.

7.4 Scénarios d'échantillonnage à envisager dans le cas de T₁, en étourdissement électrique

Le GT a envisagé différents scénarios d'échantillonnage en fonction de l'activité de l'abattoir, de la taille de la sous-population d'échantillonnage et du taux de prévalence limite à détecter.

Le Tableau 23 ci-dessous décrit la taille de la sous-population d'échantillonnage¹⁸ pour laquelle un échantillonnage est possible en fonction du taux de prévalence limite à détecter.

Les scénarios étudiés se sont appuyés sur :

- un TPL compris entre 0,1 et 5 % (correspondant respectivement à un TPL très faible choisi à titre d'exemple et au taux de prévalence à ne pas dépasser définie dans le projet de GBP de protection animale en abattoir de porcs),
- un nombre d'animaux abattus par jour compris entre moins de 40 et 10 000 porcs et une taille des lots inférieure à 300 animaux.

Lorsque le taux de prévalence d'échecs à l'étourdissement est très faible et que le TPL est encore plus faible il est suggéré d'augmenter la taille de la sous-population d'échantillonnage, en passant du lot d'animaux abattus au nombre d'animaux abattus sur une période donnée d'observation telle que le jour, plusieurs jours ou la semaine, sous réserve que les caractéristiques de la sous-population échantillonnée et le procédé d'abattage soient stables dans le temps. Cette approche doit cependant tenir compte de plusieurs facteurs :

- le respect de l'objectif de protection animale tel que défini dans le règlement CE/1099/2009¹⁹ (article 5) ;
- la faisabilité des observations : pour des abattoirs de grande taille, les cadences sont élevées (jusqu'à 800 porcs /heure) et rendent difficile l'observation successive de tous les animaux ;
- l'activité de l'abattoir : lorsque la probabilité pour qu'il y ait un animal considéré conscient dans la sous-population d'échantillonnage est trop faible, et notamment dans le cas des petites structures, il convient d'augmenter la taille de la sous-population d'échantillonnage ;
- la représentativité de la période au regard de la stabilité de l'efficacité du procédé d'étourdissement (maintenance, arrêt de chaîne, équipes...) ;
- il est nécessaire de maintenir des observations chaque jour de la semaine, même si la sous-population d'échantillonnage est, par exemple, l'ensemble des animaux abattus durant une semaine d'abattage. L'échantillon à observer sur une semaine sera alors réparti de manière égale sur chaque jour de la semaine.

¹⁸ Sous-population d'échantillonnage : sous population d'animaux au sein de laquelle s'effectue la sélection de l'échantillon. La sous population d'échantillonnage peut, par exemple, correspondre au lot de porcs abattus, à l'ensemble des porcs abattus sur une journée ou sur une semaine.

¹⁹ 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.

Tableau 23 : Taille de l'échantillon en nombre d'animaux (et en % de la sous-population d'échantillonnage) en fonction de la taille de la sous-population d'échantillonnage et du TPL

TPL (%)	Taille de la sous-population d'échantillonnage (nombre d'animaux abattus par jour)					
	200	300	500	1 000	5 000	10 000
0,10					2 300 (46 %)	2 642 (26 %)
0,25				712 (71 %)	1 087 (22 %)	1 152 (12 %)
0,5		265 (88 %)	356 (71 %)	459 (46 %)	575 (12 %)	592 (6 %)
1	158 (79 %)	193 (64 %)	229 (46 %)	263 (26 %)	295 (6 %)	500* (5 %)
2	107 (54 %)	119 (40 %)	131 (26 %)	141 (14 %)	250* (5 %)	500* (5 %)
3	79 (40 %)	86 (29 %)	91 (18 %)	96 (10 %)	250* (5 %)	500* (5 %)
4	63 (32 %)	66 (22 %)	70 (14 %)	72 (7 %)	250* (5 %)	500* (5 %)
5	52 (26 %)	54 (18 %)	56 (11 %)	58 (6 %)	250* (5 %)	500* (5 %)

Le gris correspond à la situation où l'échantillon représente plus de 90 % de la sous-population d'échantillonnage, dans ce cas, l'échantillonnage n'est pas recommandé.

* : La taille minimale de l'échantillon correspond à 5 % de la sous-population d'échantillonnage.

Deux exemples sont développés ci-après pour illustrer les scénarios pouvant être proposés. D'autres exemples sont également consultables en annexe (cf. Annexe 5).

7.4.1 Exemple de scénario possible pour un gros abattoir

Dans le cas d'un TPL de 0,1 %, lorsque la taille de la sous-population d'échantillonnage augmente de 1 000 à 5 000 voire 40 000 porcs :

- la taille relative de l'échantillon diminue de 46 % à 26 % (cf. Tableau 22) puis à 7 % de la sous-population d'échantillonnage ;
- le nombre de porcs à observer quotidiennement dépend de la durée de la période choisie pour définir la sous-population d'échantillonnage et de la taille de l'échantillon total en s'assurant d'une surveillance quotidienne. Ainsi, si la sous-population d'échantillonnage correspond au nombre de porcs abattus durant une semaine d'activité, le nombre de porcs à observer quotidiennement correspond à la taille de l'échantillon divisée par cinq (si 5 jours d'activité de l'abattoir par semaine). Par exemple, pour un abattoir abattant 40 000 animaux par semaine (cf. Tableau 22), soit, 800 animaux abattus en une heure, l'échantillon à observer est de 2 945 porcs par semaine, soit 589 porcs à observer chaque jour. Dans le cas cité, ceci représente moins d'une heure d'observation à répartir sur la journée pour le RPA.

7.4.2 Exemple de scénario possible pour un abattoir moyen

Pour les abattoirs de taille moyenne, abattant 200 à 1 000 porcs par jour :

- La taille relative de l'échantillon, dépend à la fois de la taille de la sous-population d'échantillonnage et du TPL à détecter. Ainsi, le Tableau 23 illustre que pour un TPL de 0,1 %, la taille de l'échantillon passe de 26 % de la sous-population d'échantillonnage pour une sous-population d'échantillonnage de 10 000 porcs à 46 % de la sous-population

d'échantillonnage pour une sous-population d'échantillonnage de 5 000 porcs et à 100 % (tous les porcs à observer) pour une sous-population d'échantillonnage de 1 000 porcs.

- La taille de la sous-population d'échantillonnage, comme nous l'avons vu, conditionne donc largement la taille de l'échantillon à observer. Pour un même abattoir, par exemple abattant 1 000 porcs par jour, si la sous-population d'échantillonnage est le nombre d'animaux abattus par jour (1 000 PC) ou par semaine d'abattage (5 000 PC), pour un même TPL à détecter (par exemple 0,5 %), la taille de l'échantillon passe de 460 porcs à observer par jour à 576 porcs à observer sur la semaine, c'est-à-dire 115 porcs par jour (576/5).

Afin d'illustrer la démarche et les possibilités d'aménagement et de répartition des observations en fonction des abattoirs, différents scénarios sont proposés en exemples en fonction de différents TPL. Que la sous-population d'échantillonnage soit le lot, la journée ou la semaine d'abattage, en fonction des capacités de l'abattoir, il y a différentes façons de répartir dans le temps les observations à réaliser. **Dans tous les cas, la mise en place du plan de contrôle par échantillonnage devra préserver le caractère aléatoire de l'échantillonnage et une répartition dans le temps limitant les biais de sélection des animaux (cf. 7.4.6).** Ces exemples sont présentés ci-après (points 7.4.3 à 7.4.5) uniquement à titre d'illustration. Pour chaque exemple des propositions de périodicité de l'échantillonnage sont proposées dans des tableaux.

Afin d'alléger la lecture du rapport, les scénarios envisagés ci-après le sont pour des TPL correspondant à trois situations contrastées. D'autres scénarios sont consultables en Annexe 5.

Les experts s'accordent sur la proposition de périodicité figurant en grisé dans les tableaux qui suivent, considérant qu'elle intègre au mieux la faisabilité sur le terrain et les exigences statistiques.

7.4.3 Scénarios de plans d'échantillonnage possibles pour un TPL de 5 %

Le taux de prévalence de 5 % mentionné dans le guide de bonnes pratiques de protection animale en abattoirs de porcs est considéré comme trop élevé par les experts qui préconisent que ce taux tende vers 0. Le scénario qui considérerait comme sous-population d'échantillonnage le nombre d'animaux abattus dans la journée conduirait à saigner 500 porcs mal étourdis par jour pour un très gros abattoir (plus de 5 000 porcs abattus/jours). Dans ces conditions les experts recommandent une sous-population d'échantillonnage correspondant au lot (cf. Tableau 24) afin d'avoir un suivi plus fréquent permettant de détecter les dysfonctionnements, de les rectifier et de revenir à un taux d'échec à l'étourdissement plus faible le plus rapidement possible. En effet, un taux de prévalence d'échecs de 5 % peut révéler, par exemple :

- un dysfonctionnement de l'étourdissement ;
- une hétérogénéité entre les individus qui constituent les lots ou une hétérogénéité inter-lots;
- un manque de formation du personnel,
- etc.

Tableau 24 : Taille de l'échantillon par sous-population d'échantillonnage (le lot) pour un TPL de 5 %

Nombre d'animaux par lot	20	50	100	120	150	200	250
Taille de l'échantillon en nombre d'animaux (et en % de la sous-population)		35 (70 %)	45 (45 %)	47 (39 %)	49 (33 %)	52 (26 %)	53 (21 %)

d'échantillonnage)

Le gris correspond à la situation où l'échantillon représente plus de 90 % de la sous-population d'échantillonnage, dans ce cas, l'échantillonnage n'est pas recommandé.

Tableau 25 : Quelques exemples de scénarios relatifs à la périodicité de l'échantillonnage

Type d'échantillonnage	Exemple	Avantages	Inconvénients	Conditions
Echantillonnage <u>par lot</u>	Lot de 100 PC n = 45 PC/lot Sur tous les lots	Tient compte d'une variabilité inter lots possible Tient compte de l'évolution de l'efficacité de l'outil d'étourdissement dans la journée	Nécessite une présence quasi-permanente sur la chaîne	
Echantillonnage <u>par lot</u>	Lot de 100 PC n = 45 PC/lot Echantillonner au moins 5 à 10 lots de façon à assurer une surveillance de l'ensemble de la période d'abattage et tenant compte de l'activité de l'abattoir (à chaque redémarrage de l'outil)	Tient compte du réglage de la chaîne au long de la journée et intègre différents lots pour tenir compte de la variabilité éventuelle inter-lots	Biais possible lié au choix des lots	Tenir compte des variations de performance de l'outil

Note : PC : porcs charcutiers ; n : taille de l'échantillon

En gris : le GT recommande cette périodicité comme tenant le mieux compte de la faisabilité et des exigences statistiques. Toutefois, d'autres procédures, au moins équivalentes peuvent être adoptées.

Dans un objectif d'amélioration continue, tout en préservant la qualité des procédures d'échantillonnage, l'abattoir détermine les moyens nécessaires et peut faire preuve d'une exigence encore supérieure.

7.4.4 Scénarios de plans d'échantillonnage possibles pour un TPL de 1 %

Pour un TPL de 1 %, lorsque la sous-population d'échantillonnage est le lot de porcs (cf. Tableau 26), l'échantillonnage n'est possible que pour des lots de 200 porcs ou plus. Toutefois, la taille de l'échantillon reste élevée (au moins 70 % de la sous-population d'échantillonnage) et peut être difficile à mettre en pratique. Dans ces conditions de TPL plus faible que la situation précédente, il

est possible de modifier la sous-population d'échantillonnage pour augmenter sa taille, en veillant à conserver la stabilité dans le temps des caractéristiques de la sous-population échantillonnée et du procédé d'abattage, en prenant par exemple comme sous-population d'échantillonnage le nombre de porcs abattus sur une journée (cf. Tableau 27).

Dans ce cas, il conviendra de répartir l'échantillon sur la journée, en sélectionnant toujours les porcs aléatoirement. Pour une activité journalière inférieure à 200 porcs abattus, tous les animaux doivent être observés. Dans les autres cas, la taille de l'échantillon pourra varier de 79 % de la sous-population d'échantillonnage si on échantillonne dans un lot de 200 porcs à 5 % si on échantillonne dans une journée d'abattage de 10 000 porcs.

Tableau 26 : Taille de l'échantillon par sous-population d'échantillonnage (le lot) pour un TPL de 1 %

Nombre d'animaux par lot	20	50	100	120	150	200	250
Taille de l'échantillon en nombre d'animaux (et en % de la sous-population d'échantillonnage)						158 (79 %)	178 (71 %)

Le gris correspond à la situation où l'échantillon représente plus de 90 % de la sous-population d'échantillonnage. Dans ce cas, l'échantillonnage n'est pas recommandé.

Tableau 27 : Taille de l'échantillon par sous-population d'échantillonnage (journée d'abattage) pour un TPL de 1 %

Nombre d'animaux abattus par jour	300	500	1000	5000	10 000	
Taille de l'échantillon en nombre d'animaux (en % de la sous-population d'échantillonnage)		193 (64 %)	229 (46 %)	263 (26 %)	295 (6 %)	500* (5 %)

Le gris correspond à la situation où l'échantillon représente plus de 90 % de la sous-population d'échantillonnage. Dans ce cas, l'échantillonnage n'est pas recommandé.

* : La taille minimale de l'échantillon correspond à 5 % de la sous-population d'échantillonnage.

Tableau 28 : Quelques exemples de scénarios relatifs à la périodicité de l'échantillonnage pour un TPL de 1 %

Type d'échantillonnage	Exemple	Avantages	Inconvénients	Conditions
Echantillonnage <u>sur une journée</u> sans préconisation spécifique	10 000 PC/jour n = 500 PC 500 PC à la suite à un moment dans la journée (par ex : le matin)	Facilité de mise en place pour l'opérateur	Biais lié au positionnement des porcs échantillonnés dans la journée (pause, changement équipe, maintenance)	Outil à performance constante dans la journée
Echantillonnage <u>sur une journée</u> , à chaque relance de la chaîne	10 000 PC/jour n = 500 PC répartis à chaque relance de l'outil d'étourdissement, dans différents lots (ex : si 4 redémarrage -> échantillonner 4 lots) et à minima en deux points dans la journée	Tient compte du réglage de la chaîne au long de la journée	Biais potentiel lié à l'efficacité du système d'étourdissement	Stabilité de la performance de l'étourdissement entre 2 redémarrages
Echantillonnage <u>sur une journée</u> , réparti sur toute la période	10 000 PC/jour n = 500 PC 1 porc tous les 20	Tient compte de la performance du système d'étourdissement Tirage systématique : représentativité des porcs échantillonnés	Nécessite une présence du RPA quasi-permanente sur la chaîne	
Echantillonnage <u>par lot</u>	200 PC/lot n = 158 PC tous les lots	Bonne représentation de l'activité de l'abattoir Tient compte de l'évolution de l'efficacité de l'outil d'étourdissement dans la journée	Nécessite une présence quasi-permanente du RPA sur la chaîne	

Echantillonnage <u>par lot</u>	200 PC/lot n = 158 PC Un lot sur n (2 < n < nb lots/jour)	Représentation de l'activité de l'abattoir correct si nombre de lots suffisant Tient compte du réglage de la chaîne au long de la journée	Biais possible lié au choix des lots	Tenir compte des variations de performance de l'outil
Echantillonnage <u>par lot</u>	200 PC/lot n = 158 PC Un lot par jour		Ne reflète pas bien les différents types de lots possibles	

Note : PC : porcs charcutiers ; n : taille de l'échantillon

En gris : le GT recommande cette proposition de périodicité comme tenant le mieux compte de la faisabilité et des exigences statistiques.

Pour un TPL de 1 %, les experts considèrent que l'évènement est rare. Ils proposent de réaliser un échantillonnage avec une sous-population d'échantillonnage correspondant à l'activité d'une journée d'abattage. Au minimum, l'échantillonnage réalisé devra comprendre plusieurs séquences d'observation réparties sur la journée de manière à tenir compte de la variabilité éventuelle de l'efficacité de l'étourdissement.

7.4.5 Scénarios de plans d'échantillonnage possibles pour un TPL de 0,1 %

Pour un TPL de 0,1 %, et pour des populations de moins de 5 000 porcs abattus par jour, tous les animaux abattus dans la journée devraient être observés par le RPA. Pour pouvoir réaliser un échantillonnage dans ce cas de TPL très faible, les experts proposent de prendre comme sous-population d'échantillonnage l'activité d'une semaine d'abattage (cf. Tableau 29) en veillant à conserver la stabilité dans le temps des caractéristiques de la sous-population échantillonnée et du procédé d'abattage. L'abattoir devra y veiller tout particulièrement dans ce cas. En effet, le risque d'hétérogénéité de la population est accru lorsqu'il s'agit de considérer l'activité de l'abattoir sur plusieurs jours consécutifs.

La taille de l'échantillon représente 46 % de la sous-population d'échantillonnage, pour une sous-population d'échantillonnage de 5 000 porcs, à 7 % pour une sous-population d'échantillonnage de 40 000 porcs sur une semaine. Pour une chaîne abattant 600 porcs à l'heure ce dernier cas représenterait, par exemple, 4 à 5 heures d'observation au total, soit 1 heure d'observation quotidienne.

Tableau 29 : Taille de l'échantillon nécessaire en fonction de la taille de la sous-population d'échantillonnage (par exemple : nombre d'animaux abattus par semaine) (niveau de confiance fixé à 95 %) pour un TPL de 0,1 %

Nombre d'animaux abattus/semaine ?	5 000	10 000	15 000	20 000	25 000	30 000	40 000
Taille de l'échantillon en nombre d'animaux (en % de la sous-population d'échantillonnage)	2 300 (46 %)	2 642 (26 %)	2 771 (18 %)	2 839 (14 %)	2 881 (12 %)	2 909 (9,9 %)	2 945 (7,3 %)

Tableau 30 : Quelques exemples de scénarios relatifs à la périodicité de l'échantillonnage

Type d'échantillonnage	Exemple	Avantages	Inconvénient	Condition
Echantillonnage sur une semaine avec observation quotidienne à chaque relance de la chaîne	30 000 PC/semaine n = 2 909 PC 5 jours à 582 PC par jour répartis à chaque relance de l'outil d'étourdissement, dans différents lots (ex : si 4 redémarrage -> échantillonner 4 lots) et à minima en deux points dans la journée	Tient compte du réglage de la chaîne au long de la journée	Biais lié au nettoyage des charbons ou des pinces dans la journée (par exemple)	Stabilité de la performance de l'étourdissement entre 2 redémarrages
Echantillonnage sur une journée, réparti sur toute la période	30000 PC/semaine n = 2 909 PC 1 porc tous les 10 porcs	Distribution sur l'ensemble de la semaine et de la journée Tient compte de la performance du système d'étourdissement Tirage systématique : représentativité des porcs échantillonnés	Nécessite une présence du RPA permanente sur la chaîne	

Note : PC : porcs charcutiers ; n : taille de l'échantillon

En gris : le GT recommande ce compromis entre pratiques de terrain et les possibilités d'échantillonnage. Au minimum un échantillonnage de plusieurs lots doit être réalisé sur la journée, répartis de manière à tenir compte de la variabilité éventuelle de l'efficacité de l'étourdissement.

7.4.6 Caractère aléatoire de l'échantillonnage et répartition dans le temps

D'un point de vue qualitatif la réalisation d'un bon échantillonnage repose sur le caractère aléatoire de choix des animaux inclus dans l'échantillon contrôlé. La représentativité de l'échantillon est en effet assurée par un tirage au sort des éléments qui le composent. La justesse de l'indicateur obtenu tient autant au caractère aléatoire de l'échantillonnage qu'à la taille de l'échantillon.

Dans tous les cas, les observations doivent donc être effectuées chaque jour et en conservant le caractère aléatoire du choix des porcs dans un lot. L'effectif « n » doit être réparti sur au moins deux périodes d'observations quotidiennes. Les experts proposent un découpage horaire de la journée d'abattage en 5 à 10 périodes. Chaque période de la journée doit être tirée au sort sans remise, chaque jour de telle sorte qu'à la fin de la semaine, toutes les périodes de surveillance soient couvertes (cf exemple Tableau 31).

Tableau 31 : Exemple de répartition des périodes d'observation pour une semaine de fonctionnement avec 10 périodes par jour dont deux (en gris) sont consacrées à l'observation

Jour 1	Jour 2	Jour 3	Jour 4	Jour 5
Période 1	Période 1	Période 1	Période 1	Période 1
Période 2 :	Période 2	Période 2	Période 2	Période 2
Période 3	Période 3	Période 3	Période 3	Période 3
Période 4	Période 4	Période 4	Période 4	Période 4
Période 5	Période 5	Période 5	Période 5	Période 5
Période 6	Période 6	Période 6	Période 6	Période 6
Période 7	Période 7	Période 7	Période 7	Période 7
Période 8	Période 8	Période 8	Période 8	Période 8
Période 9	Période 9	Période 9	Période 9	Période 9
Période 10	Période 10	Période 10	Période 10	Période 10

En gris : période 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 32 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 32 : 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	Etapas du raisonnement	Origine et sources (causes) des incertitudes identifiées par les experts	Prise en compte	Impact (I) ²⁰ et Direction (D) ²¹ 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 et leur emploi sur le terrain.	OUI (l'avis porte sur l'étourdissement électrique ou gazeux)	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 événement 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

²⁰ Echelle qualitative de l'impact estimé de l'incertitude : faible, moyen, élevé.

²¹ (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) ²⁰ et Direction (D) ²¹ estimés sur le plan d'échantillonnage
Corpus de connaissance / Etat des connaissances	Situation des abattoirs de porcs en France : Animaux étourdis en 2 ou 3 points	Absence de données chiffrées quant au nombre de porcs charcutiers abattus par système d'étourdissement (électrique vs gazeux et électrique en deux vs trois points)	OUI partiellement (2 scénarios envisagés : électrique versus gazeux)	I = faible D = sous ou surestimation
Corpus de connaissance / Etat des connaissances	Indicateurs de conscience	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
	• Définition			
	Méthodologie d'évaluation/ Données sélectionnées	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
	• Choix			
Méthodologie d'évaluation/ Données sélectionnées	• 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 (notamment pour l'étourdissement gazeux). Un ré-application de la procédure d'étourdissement peut intervenir entre temps (par exemple un animal resté debout sera vraisemblablement facilement repéré et ré-étourdi avant la saignée).	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
Méthodologie d'évaluation/ Méthode d'intégration des	• 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

Typologie des sources d'incertitude	Etapes du raisonnement	Origine et sources (causes) des incertitudes identifiées par les experts	Prise en compte	Impact (I) ²⁰ et Direction (D) ²¹ estimés sur le plan d'échantillonnage
données				
Méthodologie d'évaluation/ Méthode d'intégration des données	<ul style="list-style-type: none"> Combinaison 	L'absence d'étude sur les combinaisons des indicateurs	OUI (scénarios)	I = faible D = sous-estimation
Méthodologie d'évaluation/ Méthode d'intégration des données	<ul style="list-style-type: none"> Faisabilité des observations et des combinaisons d'indicateurs observables 	Connaissance bibliographique & expertise collective	OUI (Elicitation)	I = faible D = sous ou surestimation
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 sous-population d'échantillonnage ne peut pas être garantie	OUI (l'avis porte sur des lots homogènes : des porcs charcutiers standards)	I = élevé si lots non homogènes D = sous-estimation
Communication des résultats de l'évaluation/expressi	Tailles calculées d'échantillons 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	OUI (dans le corpus du rapport seule la médiane de la taille d'échantillon est présentée mais l'intervalle de	I = faible D = sous ou

Typologie des sources d'incertitude	Etapas du raisonnement	Origine et sources (causes) des incertitudes identifiées par les experts	Prise en compte	Impact (I) ²⁰ et Direction (D) ²¹ estimés sur le plan d'échantillonnage
on des résultats		incertaine	crédibilité ou de confiance à 95% est disponible dans les annexes)	surestimation



9 Conclusion

Le Tableau 33 ci-dessous reprend, en fonction des éléments influençant l'échantillonnage, une proposition du nombre d'animaux à échantillonner chaque jour dans un abattoir pour le suivi du taux de prévalence en fonction du TPL à détecter (T_1) et de la taille de la sous-population d'échantillonnage qui sont fixés. Pour chaque TPL, différentes tailles de sous-populations d'échantillonnage sont proposées. En fonction de la capacité des abattoirs, cette sous-population d'échantillonnage va représenter le nombre de porcs abattus sur un jour ou une semaine.

Lorsque la sous-population d'échantillonnage est la population abattue durant une journée, l'échantillon constitué de « n » porcs à observer devra être observé sur cette journée. Par contre lorsque la sous-population d'échantillonnage est la population abattue durant la semaine, l'échantillon constitué de « n » porcs devra être réparti de manière égale sur chaque jour de la semaine (sous réserve d'un fonctionnement homogène de l'abattoir), soit $n/5$ animaux à observer chaque jour.

Les valeurs fournies tiennent compte de l'incertitude sur les valeurs de sensibilité des indicateurs de conscience en les résumant à la valeur médiane de la taille de l'échantillon à observer. En effet, les intervalles de crédibilité ou de confiance à 95 % ne sont pas très étendus autour de la valeur médiane de la taille de l'échantillon nécessaire. Ainsi, l'incertitude sur les valeurs de sensibilité des indicateurs a un impact relativement faible sur la taille de l'échantillon.

Tableau 33 : Taille de l'échantillon recommandée en fonction du TPL, de la capacité de l'abattoir, et de la sous-population d'échantillonnage

TPL	Capacité de l'abattoir/jour	Taille de l'échantillon lorsque la sous-population d'échantillonnage est l'activité journalière	Capacité de l'abattoir/semaine	Taille de l'échantillon (n) lorsque la sous-population d'échantillonnage est l'activité hebdomadaire (PC par semaine/ par jour)
0,1 %	<200	Pas d'échantillonnage possible	<1000	Pas d'échantillonnage possible
	201-1 000	Pas d'échantillonnage possible	1001-5 000	2300/460
	1001-5 000	2300	5001-25 000	2881/576
	5 001-10 000	2642	25 001-50 000	2967/593
0,5 %	<200	Pas d'échantillonnage possible	<1000	459/92
	201-1 000	459	1001-5 000	575/115
	1001-5 000	575	5001-25 000	1250/250
	5 001-10 000	592	25 001-50 000	2500*/500
1 %	<200	158		
	201-1 000	263		

TPL	Capacité de l'abattoir/jour	Taille de l'échantillon lorsque la sous-population d'échantillonnage est l'activité journalière	Capacité de l'abattoir/semaine	Taille de l'échantillon (n) lorsque la sous-population d'échantillonnage est l'activité hebdomadaire (PC par semaine/ par jour)
	1001-5 000	295		
	5 001-10 000	500*		
	<200	107		
	201-1 000	131		
2%	1001-5 000	250*		
	5 001-10 000	500*		

* : la taille de l'échantillon est portée à 5% de la sous-population d'échantillonnage

Le calcul de la taille de l'échantillon a été réalisé à partir de la borne supérieure de la capacité de l'abattoir. Les chiffres peuvent être retrouvés dans l'Annexe 4 du rapport

- Pour des TPL inférieurs ou égaux à 0,5 %, il est possible d'envisager une sous-population d'échantillonnage correspondant au nombre d'animaux abattus pendant une journée ou une semaine de fonctionnement de l'abattoir (en répartissant l'échantillon hebdomadaire sur chaque jour de la semaine).
- Pour des TPL supérieurs à 0,5 % et inférieurs ou égaux à 2 %, il est possible d'envisager une sous-population d'échantillonnage correspondant au nombre d'animaux abattus pendant une journée de fonctionnement de l'abattoir. Pour des TPL de plus de 2 % (ce qui représente, pour une capacité de 5 000 porcs charcutiers/jour, 100 porcs saignés et considérés conscients par jour) la sous-population d'échantillonnage recommandée est le lot. Dans ce cas, plusieurs lots sont à contrôler dans la journée afin de déterminer s'il existe une variabilité inter-lots et de mettre en évidence très rapidement tout écart par rapport à l'objectif attendu. Le RPA doit alors étudier et mettre en place les possibilités d'amélioration le plus rapidement possible. La sous-population d'échantillonnage proposée est donc le lot pour ces taux de prévalence d'échecs, avec un nombre d'animaux inclus dans l'échantillon quotidien représentant au moins 5 % des animaux abattus dans la journée, ce qui permet d'avoir un nombre d'animaux suffisant à répartir dans plusieurs lots.

Dans tous les cas, les observations doivent être effectuées chaque jour et en conservant le caractère aléatoire du choix des porcs dans un lot. L'effectif « n » doit être réparti sur au moins deux périodes d'observations quotidiennes. Les experts proposent un découpage horaire de la journée d'abattage en 5 à 10 périodes. Chaque période de la journée doit être tirée au sort sans remise, chaque jour de telle sorte qu'à la fin de la semaine, toutes les périodes de surveillance soient couvertes (cf exemple Tableau 31).

10 Recommandations

10.1 Recommandations générales

Les experts recommandent que la stratégie développée dans ce rapport soit mise en place dans tous les abattoirs de porcs en France pour :

- 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.

L'abattoir et/ou le gestionnaire pourrai(en)t définir des objectifs pour le taux de prévalence d'animaux déclarés conscients après l'étourdissement. Ceci devrait être fait lors de la mise en œuvre du protocole d'échantillonnage pour définir les performances initiales minimales (T_0) et pour s'assurer que ces objectifs sont bien atteints en routine (T_1). La pression de surveillance est augmentée pour des taux de prévalence de plus de 2 %, jugés importants, afin de donner aux établissements la possibilité de réagir très rapidement. Une réaction rapide doit permettre la mise en place d'actions correctrices en conséquence. Le gestionnaire pourrait déterminer les actions correctrices à mettre en place et le pas de temps imposé pour que le taux de prévalence d'échecs à l'étourdissement rejoigne le seuil qu'il a établi.

Afin que cette stratégie soit opérationnelle, il est recommandé que sa mise en œuvre soit accompagnée de formations pour, en particulier, les responsables d'abattoirs et les RPA afin qu'ils s'approprient les concepts et les outils du plan d'échantillonnage.

Une des hypothèses sur lesquelles repose le plan d'échantillonnage proposé est la stabilité dans le temps de la sous-population d'échantillonnage et du procédé d'abattage. Cette condition devra faire l'objet d'une attention particulière, tout spécialement lorsque la sous-population d'échantillonnage est supérieure au lot, par exemple correspondant au nombre d'animaux abattus durant la journée ou durant la semaine de fonctionnement de l'abattoir. L'échantillonnage doit tenir compte des modifications éventuelles de l'efficacité de l'étourdissement et de l'hétérogénéité de la population à échantillonner. En cas de modification de l'efficacité et d'hétérogénéité constatée, le processus d'échantillonnage doit être adapté pour en tenir compte.

Le plan prévoit deux phases :

- Pendant la période initiale, le taux de prévalence d'échecs à l'étourdissement (T_0) de l'abattoir est estimé. Il est recommandé que cette phase soit mise en œuvre également lors de changements significatifs de la chaîne d'abattage.
- Pendant la seconde période, des contrôles de TPL (T_1) quotidiens doivent montrer que les objectifs sont atteints. Ces objectifs peuvent être une amélioration des performances pour descendre vers des valeurs de taux de prévalence d'échecs à l'étourdissement fixées en dessous du T_0 .

Cette analyse a été conduite avec les outils de détection des indicateurs de conscience opérationnels existants actuellement. Ils font appel essentiellement à la détection visuelle ou ils nécessitent une intervention du RPA. Les experts recommandent que soient encouragées toutes les démarches de formation des opérateurs et RPA à la détection des

indicateurs de conscience. La détection des échecs à l'étourdissement pourra être complétée et améliorée à l'avenir par des outils automatisés.

Au niveau des opérateurs, ce travail d'échantillonnage doit s'inscrire dans la démarche HACCP²² globale de l'établissement.

Afin de promouvoir une démarche de progrès, il est recommandé de dynamiser le réseau existant d'échanges entre RPA (réseau de RPA) sur les concepts, outils et résultats (parangonnage). Cette plate-forme devrait permettre d'identifier des pistes de progrès dans un objectif d'amélioration continue.

Le présent rapport concerne uniquement les porcs charcutiers. Les concepts et outils développés dans ce rapport sont utilisables pour établir des stratégies similaires sur d'autres catégories de porcs non prises en compte dans ce travail tels que les verrats, truies et porcelets, qui présentent des niveaux de risque d'échecs à l'étourdissement différents (EFSA 2013). Ils pourront également être utilisés, probablement avec des aménagements, pour les autres espèces d'intérêt.

Il serait utile que ce contrôle de second niveau soit tracé et enregistré par le RPA. Les résultats et les conditions de réalisation (par exemple, enregistrements fait par les opérateurs, caractéristiques des lots de porcs, enregistrement des indicateurs de fonctionnement des appareils d'étourdissement, interventions sur les appareils, etc.) en feront un outil de suivi des bonnes pratiques de protection des animaux pour le gestionnaire.

Il sera intéressant qu'après une phase de test de mise en œuvre de ces contrôles dans tous les abattoirs français, une réévaluation du protocole proposé soit envisagée par les instances scientifiques.

Comme indiqué dans le corps du rapport, il est nécessaire de s'assurer :

- de la stabilité dans le temps des caractéristiques de la sous-population d'échantillonnage ;
- de la stabilité dans le temps de l'efficacité de l'outil d'étourdissement,
- du caractère aléatoire de la sélection des porcs de l'échantillon et de la période d'observation en cas de répartition de l'échantillon sur la semaine,
- du choix de la combinaison d'indicateurs optimale tenant compte du contexte de l'abattoir et de la stratégie d'échantillonnage.

Les experts proposent quelques recommandations techniques, notamment en ce qui concerne les contrôles de second niveau pour des abattoirs utilisant un étourdissement gazeux afin de conserver la caractéristique de sélection aléatoire des animaux de l'échantillon :

- le choix de l'animal observé en sortie de nacelle doit se porter soit sur un animal conscient qui attire l'attention du RPA, soit de façon aléatoire,
- la combinaison d'indicateurs utilisée pour détecter un animal conscient dans le cas d'un étourdissement gazeux doit être la meilleure possible en fonction de la situation considérée en accord avec le Tableau 9 page 62.

Il est rappelé que des indicateurs signalant une possible reprise de conscience après la saignée ne sont pas pris en compte dans ce travail. En effet, la période d'abattage pris en considération

²² Hazard Analysis Critical Control Point = Analyse des dangers - points critiques pour leur maîtrise.

correspond, comme indiqué en début de rapport, à la partie post-étourdissement jusqu'au début de la saignée.

Les experts recommandent que soit conduit un travail similaire de contrôle de second niveau en adaptant chacun des éléments à la période de la saignée ou aux autres catégories de production porcines (par exemple, porcelets, truies, verrats) en utilisant la méthodologie développée dans le corps du rapport.

10.2 Recommandations de recherche

Les experts, au terme de ce travail, recommandent :

- que soient centralisées, pour chaque système d'étourdissement, les données concernant l'efficacité de l'outil de façon à pouvoir 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 indicateurs de conscience et certaines expressions physiques (par exemple, pédalage) avec les caractéristiques neurologiques,
- que soit améliorée l'efficacité des systèmes d'étourdissement et développer de nouveaux systèmes,
- que soit amélioré le suivi de l'étourdissement (c'est-à-dire un suivi automatique en plus de la surveillance humaine).

11 Bibliographie

11.1 Publications

- Abrahams, V.C., Kori, A.A., Loeb, G.E., Richmond, F.J., Rose, P.K. & 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 JB, 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., & Ongerboer de Visser, B. W. (2002). Brainstem reflexes: electrodiagnostic techniques, physiology, normative data, and clinical applications. *Muscle & Nerve*, 26(1), 14-30.
- Atkinson, S., & 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., & 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. & Zubal, I.G. (2003). Selective frontal, parietal, and temporal networks in generalized seizures. *Neuroimage*, 19(4), 1556-1566.

- Blumenfeld, H., & Taylor, J. (2003). Why do seizures cause loss of consciousness? *Neuroscientist*, 9(5), 301-310.
- Bour, L., Ongerboer de Visser, B., Aramideh, M., & Speelman, J. (2002). Origin of eye and eyelid movements during blinking. *Movement Disorders*, 17 Supplement 2, 30-32.
- Brannan, S., Liotti, M., Egan, G., Shade, R., Madden, L., Robillard R., Abplanalp B., Stofer K., Denton D. & 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., & 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., & McCarley, R. W. (2012). Control of sleep and wakefulness. *Physiological Reviews*, 92(3), 1087-1187.
- Butler AJ, Thomas MK, Pintar KD. (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., & 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., & 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., & Koch, C. (1995). Are we aware of neural activity in primary visual cortex? *Nature*, 375(6527), 121-123.
- Cruccu, G., & 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., & 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., & 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., & 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., & 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., & 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., & 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. Contribution à l'évaluation du fonctionnement des réseaux de surveillance épidémiologique des maladies infectieuses animales (1997) 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 pigs. *EFSA Journal* 2013;11(12):3523, 62 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., & 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.
- 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., & Summersides, G. E. (2002). Brain damage in sheep from penetrating captive bolt stunning. *Australian Veterinary Journal*, 80(1-2), 67-69.
- Gerritzen, M. A., Lambooi, E., Reimert, H. G. M., Spruijt, B. M., & Stegeman, J. A. (2006). Susceptibility of duck and turkey to severe hypercapnic hypoxia. *Poultry Science*, 85(6), 1055-1061.
- 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., & 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., & Widdicombe, J. P. (2007). Depth of concussion in cattle shot by penetrating captive bolt. *Meat Science*, 77(4), 499-503.
- Guillier L, Kabunda JM, Denis J-B, 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 AH, *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.
- Kaada, B. R., & 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., & 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., & 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., & 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., & Gregory, N. G. (2010). An evaluation of the humaneness of puntilla in cattle. *Meat Science*, 84(3), 352-355.
- Linstone, HA, Turoff, M. (2002) The delphi method. Techniques and Applications. 618p
- Liu, G. T., & 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., & 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., & 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., & Nicol, S. C. (1980). The respiratory frequency response to carbon dioxide inhalation in conscious rabbits. *Journal of Physiology*, 301, 49-58.
- Merskey, H. and Bogduk, N. (1994) Classification of Chronic Pain. 2nd Edition, IASP Task Force on Taxonomy. IASP Press, Seattle.
- McKinstry, J. L., & Anil, M. H. (2004). The effect of repeat application of electrical stunning on the welfare of pigs. *Meat Science*, 67(1), 121-128.
- Morcuende, S., Delgado-Garcia, J.-M., & 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 MG. (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., & 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., & 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., & 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. & 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 CE, Daneshkhah A, Eiser JR, Garthwaite PH, Jenkinson DJ, *et al.* (2006) *Uncertain Judgements-Eliciting Expert's Probabilities*: John Wiley and Sons, LTd.
- Ongerboer de Visser, B. W., & 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., & 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., Eysteinson, T., Bang, K., & 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. Université de Montréal.
- Pleiter, H. (2005) Electrical stunning before ritual slaughter of cattle and sheep in New Zealand. In: *Animal Welfare at ritual slaughter* pp. 72-76.
- Prunier, A., Mounier, L., Le Neindre, P., Leterrier, C., Mormède, P., Paulmier, V., Prunet, P., Terlouw, C., & Guatteo, R. (2013) Identifying and monitoring pain in farm animals: a review. *Animal* 7, 998-1010.
- Raj, A.B.M., Gregory N.G., & 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., & 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., & Gregory, N.G. (1996). Welfare implications of the gas stunning of pigs 2. Stress of induction of anaesthesia. *Animal Welfare*, 5, 71-78.
- Rodríguez, P., Dalmau, A., Ruiz-de-la-Torre, J. L., Manteca, X., Jensen, E. W., Rodríguez, B., & Velarde, A. (2008). Assessment of unconsciousness during carbon dioxide stunning in pigs. *Animal Welfare*, 17(4), 341-349.
- Rogan, WJ, & Gladen B. Estimating prevalence from the results of a screening test. *Am J Epidemiol.* 1978 Jan;107(1):71-76.

- Rowe G, Bolger F. Final report on the identification of food safety priorities using the delphi technique. *EFSA Journal*; 201
- Sharp, J., Azar, T., & 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., & 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., & Despopoulos, A. (2003). *Color Atlas of Physiology*, 5th edition, Thieme, Stuttgart, New York.
- St-John, W.M., & 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. & 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., & 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., & 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., & Mallet, C. (2015). Origins of movements following stunning and during bleeding in cattle. *Meat Science*, 110, 135-144.
- Thébault A., Arnich N, Belin C., NEAUD-MASSON N. 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., Bénet, 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., & 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 HJ, Goosens LHJ, Saatkamp HW, Horst SHS (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., & 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., & 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., & 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., & Kemp, B. (2016) Validation of indicators used to assess unconsciousness in veal calves at slaughter. *Animal*, 10, 1457-65.
- Vimini, R. J., Field R.A., Riley M.L., & 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., & 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., & Bovill, J. G. (1992). Pharmacodynamics of Propofol in Female-Patients. *Anesthesiology*, 77, 3-9.
- 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., & 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., & 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'Evaluation 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 HOMOONO, 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 découleront) 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 : Variations de la taille de l'échantillon selon le taux de prévalence limite et la sous-population d'échantillonnage

Les graphiques de cette annexe illustrent la variation de la taille de l'échantillon (en ordonnée) en fonction du TPL (en abscisse), selon différentes tailles de sous-populations d'échantillonnage dénommées tailles de population en légende.

Ces graphiques permettent de visualiser la notion de seuil asymptotique pour un TPL de 5 % (cf. Figure 14), la valeur médiane de la sensibilité globale des indicateurs de conscience a été prise en considération.

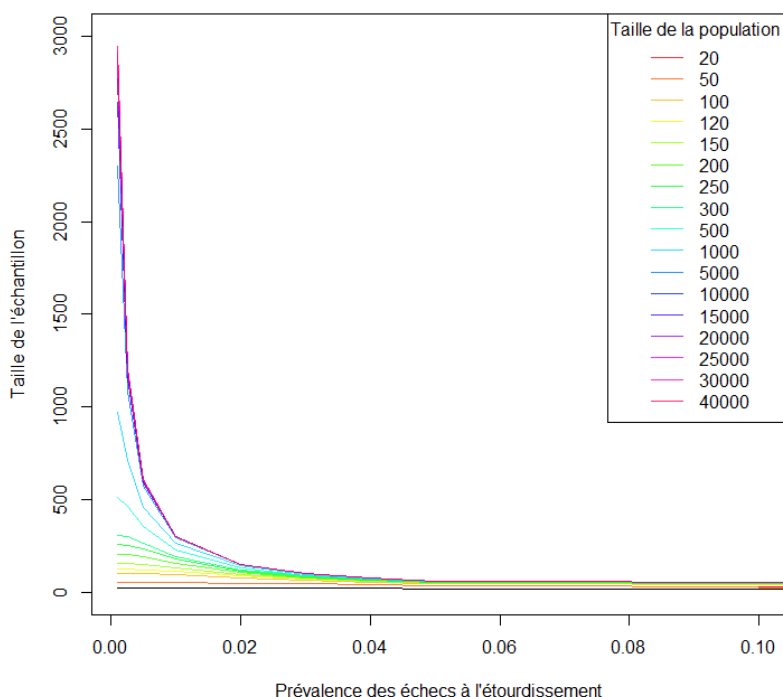


Figure 14 : Taille de l'échantillon en fonction du TPL, pour différentes sous-populations d'échantillonnage

Les Figure 15, Figure 16, Figure 17 et Figure 18 présentent le détail pour différentes tailles de sous-populations d'échantillonnage afin de distinguer plus clairement les valeurs asymptotiques.

Pour rappel, les experts proposent la classification suivante des abattoirs en fonction de leurs capacités quotidiennes :

- Les petits abattoirs, en dessous de 200 porcs abattus par jour: Soit 131 établissements en France représentant 5 % des abattages.
- Les moyens abattoirs, entre 200 et 1 000 porcs abattus par jour. Ce sont des structures dont l'activité est parfois irrégulière. Soit 15 abattoirs en France représentant 9 % des abattages.
- Les gros abattoirs, entre 1 000 et 5 000 porcs abattus par jour. Ce sont des structures dont l'activité est plutôt régulière. Soit 14 abattoirs en France représentant 37 % des abattages.
- Les très gros abattoirs entre 5 000 et 10 000 abattus par jour. Soit sept abattoirs en France représentant 48 % des abattages.

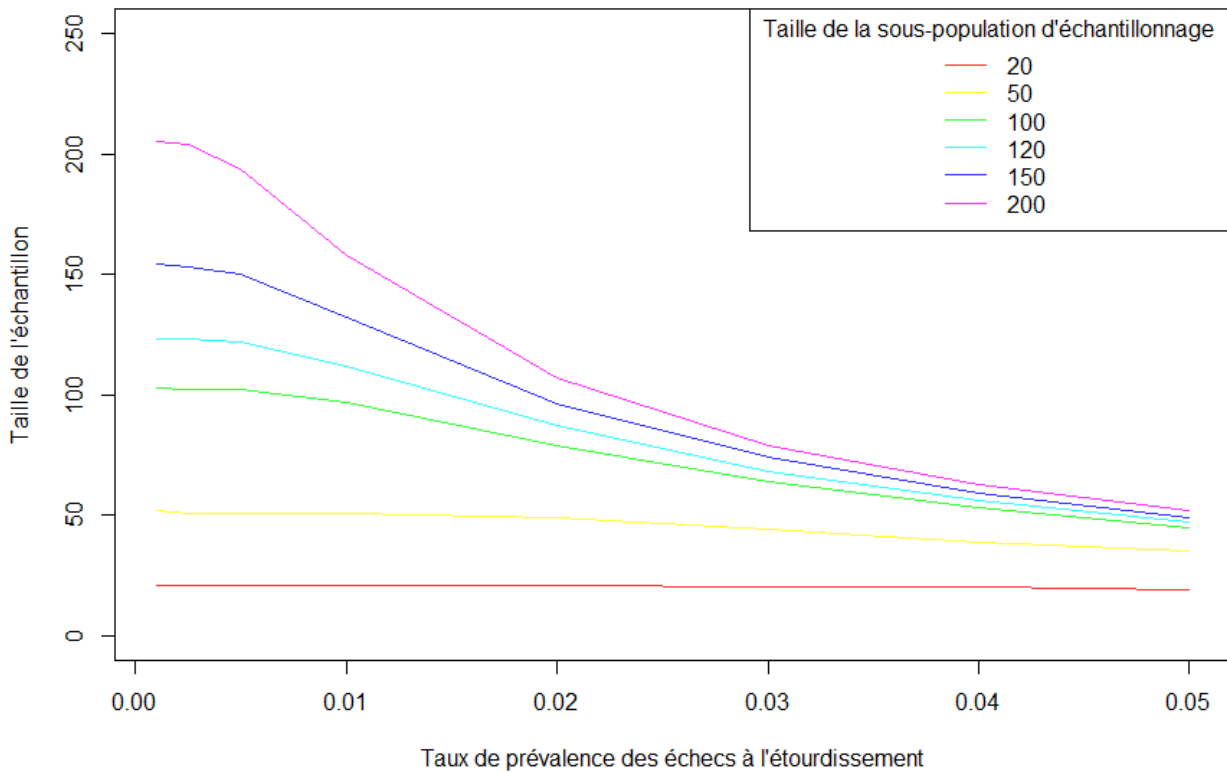


Figure 15 : Taille de l'échantillon en fonction de la taille de la sous-population d'échantillonnage et du taux de prévalence limite pour les petits abattoirs

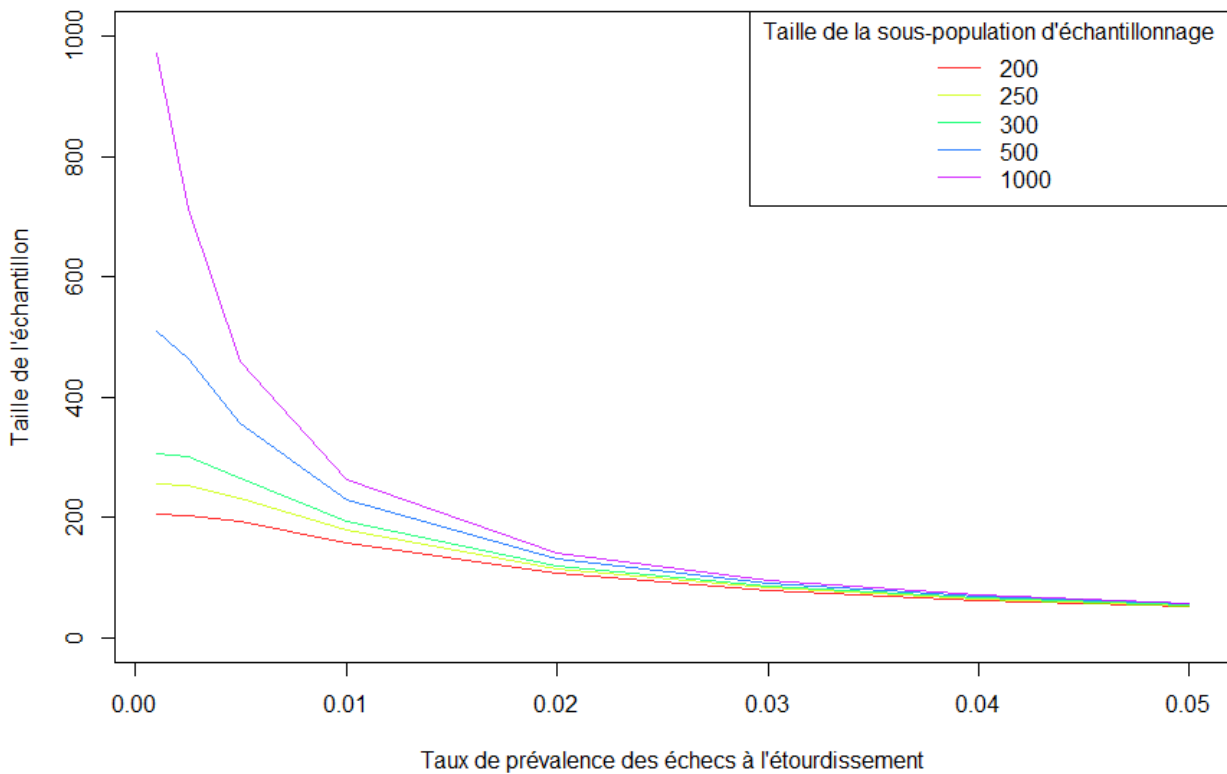


Figure 16 : Taille de l'échantillon en fonction du taux de prévalence limite pour différentes sous-populations d'échantillonnage pour les moyens abattoirs

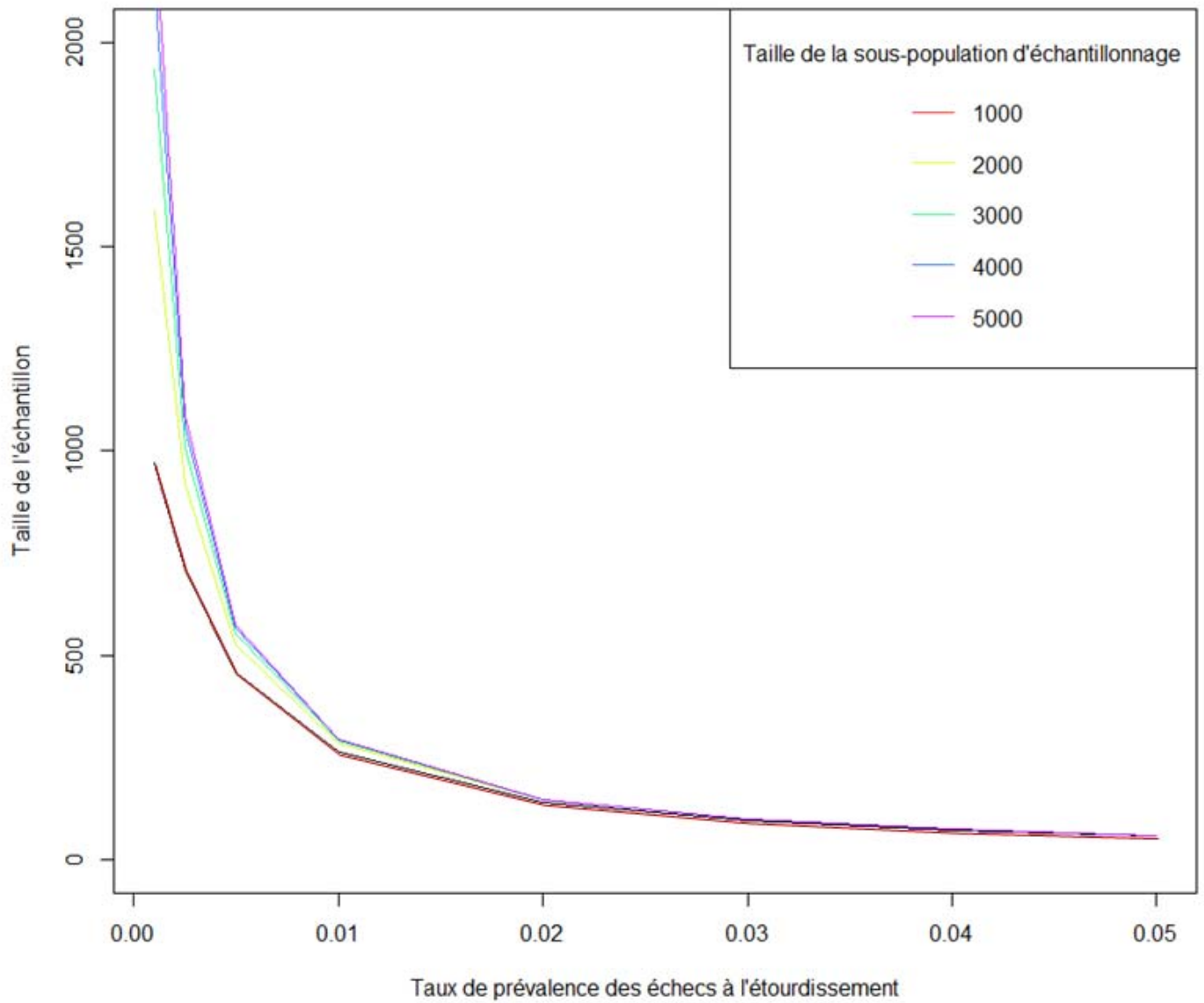


Figure 17 : Taille de l'échantillon en fonction de la taille de la population (pour des gros abattoirs) et du taux de prévalence limite

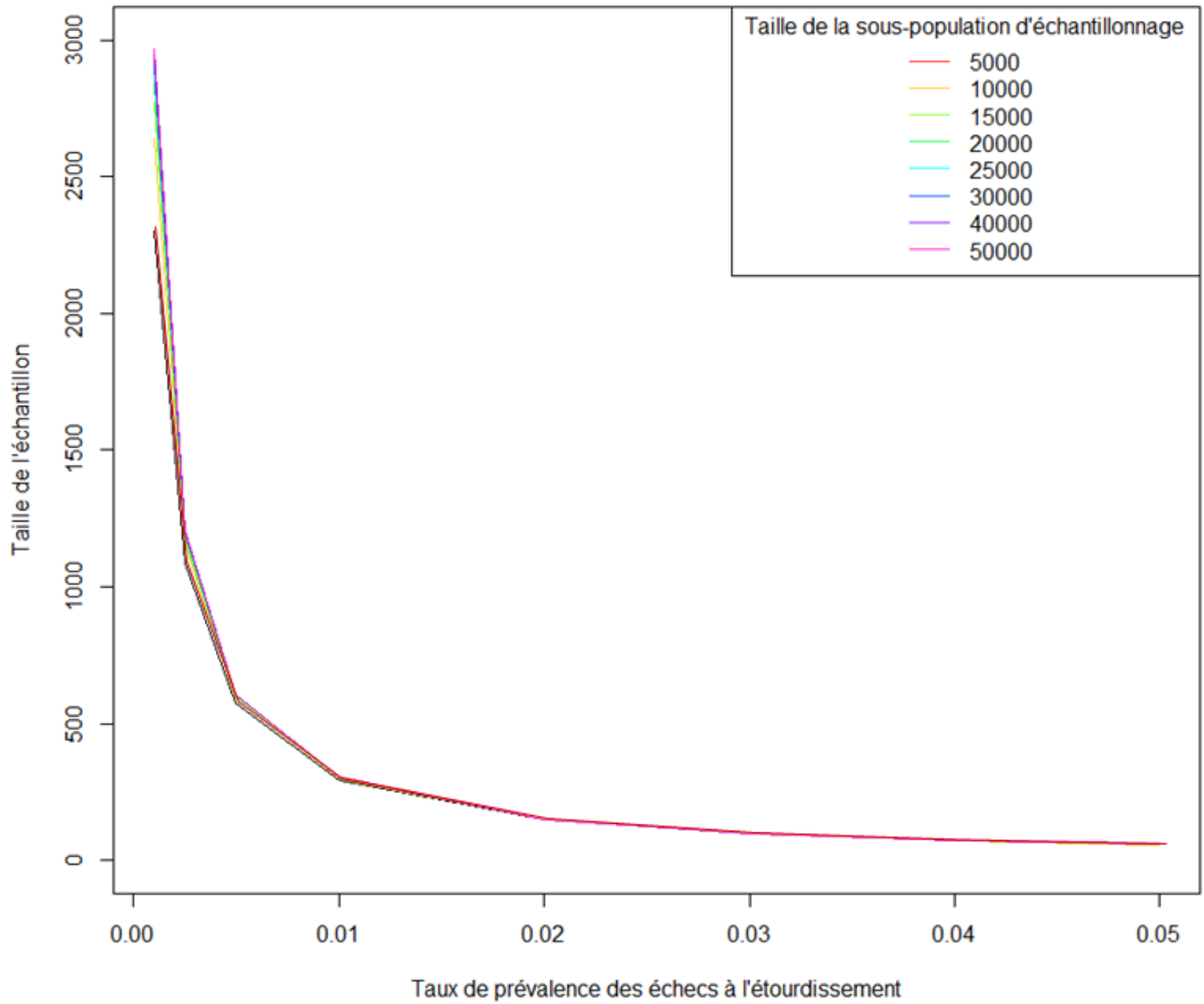


Figure 18 : Taille de l'échantillon en fonction de la taille de la population (pour des très gros abattoirs) et du taux de prévalence limite



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 de porcs est un taux de prévalence apparente. L'écart entre taux de prévalence apparente et taux de prévalence réelle est fonction de la sensibilité et spécificité globales de la combinaison des indicateurs de conscience utilisés pour détecter les animaux mal étourdis. 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. Il faut donc prendre dans l'équation 4 : $sp_g=1$ et se_g tel qu'évalué 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_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 crédibilité ou de confiance qui sera obtenue. Il est en général choisi à 95 %. On aura un paramètre Z_{α} 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 e_r : rapport entre la moitié de l'intervalle de crédibilité ou de confiance attendu (précision absolue notée L) et le taux de prévalence estimé. Cette précision relative peut être fixée par le gestionnaire en fonction du taux de prévalence apparente et à titre indicatif, par exemple, inférieure à 50 %. Cette précision relative peut aussi être choisie de telle sorte que l'intervalle de de crédibilité ou 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 le monitoring du taux d'échec à l'étourdissement

Le produit $N \times p$ doit donc être *a minima* supérieur à 1. De surcroît la taille de la sous-population d'échantillonnage 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 sous-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

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

Le calcul de n nécessite la connaissance de plusieurs paramètres :

- N : la taille de la sous-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 réelle des échecs à l'étourdissement dans la sous-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'échec à l'étourdissement peut ensuite être monitoré en s'assurant que le taux d'échec dans l'abattoir ne dépasse pas un taux fixé appelé TPL.

Annexe 4 : Taille des échantillons selon les combinaisons d'indicateurs utilisées en étourdissement électrique et gazeux

Le Tableau 34 présente l'ensemble des tailles d'échantillon (valeurs médianes) en fonction du TPL et de la taille de la sous-population d'échantillonnage pour la combinaison d'indicateurs faisable quel que soit le contexte d'abattage en étourdissement électrique. Les cases grisées correspondent :

- (en haut à gauche) à la situation où l'échantillon représente plus de 90 % de la sous-population d'échantillonnage et dans ce cas le contrôle de second niveau ne peut être mis en œuvre par un échantillonnage ;
- (en base à droite) à la situation dans laquelle la taille minimale de l'échantillon est plafonnée à 5 % de la sous-population d'échantillonnage.

Tableau 34 : tailles d'échantillon (valeurs médianes) en fonction du TPL et de la taille de la sous-population d'échantillonnage pour l'étourdissement électrique

Combinaison	Taille de la sous-population d'échantillonnage en nombre d'animaux																	
TPL (%)	20	50	100	120	150	200	250	300	500	1000	5000	10000	15000	20000	25000	30000	40000	50000
0.001										970	2300	2642	2771	2839	2881	2909	2945	2967
0.0025									464	712	1087	1152	1174	1186	1250	1500	2000	2500
0.005						194	232	265	356	459	575	592	750	1000	1250	1500	2000	2500
0.01			97	112	132	158	178	193	229	263	295	500	750	1000	1250	1500	2000	2500
0.02		49	79	87	96	107	114	119	131	141	250	500	750	1000	1250	1500	2000	2500
0.03		44	64	68	74	79	83	86	91	96	250	500	750	1000	1250	1500	2000	2500
0.04		39	53	56	59	63	65	66	70	72	250	500	750	1000	1250	1500	2000	2500
0.05		35	45	47	49	52	53	54	56	58	250	500	750	1000	1250	1500	2000	2500

Les tableaux 34 à 37 présentent l'ensemble des tailles d'échantillon (valeurs médianes) en fonction du taux de prévalence limite et de la taille de la sous-population d'échantillonnage pour les combinaisons d'indicateurs faisables en contexte d'abattage en étourdissement gazeux.

Tableau 35 : tailles d'échantillon (valeurs médianes) en fonction du TPL et de la taille de la sous-population d'échantillonnage pour l'étourdissement gazeux et pour la combinaison d'indicateurs : absence effondrement + présence de redressement + présence de vocalisation + présence de reflexe cornéen

Combinaison 1		absence effondrement + redressement + vocalisation + reflexe cornéen															
TPL (%)	Taille de la sous-population d'échantillonnage en nombre d'animaux																
	20	50	100	120	150	200	250	300	500	1000	5000	10000	15000	20000	25000	30000	40000
0.001	20	50	100	120	150	200	250	300	499	950	2253	2587	2714	2781	2822	2850	2885
0.0025	20	50	100	120	150	200	248	295	454	698	1064	1128	1150	1162	1250	1500	2000
0.005	20	50	100	119	147	190	227	259	349	450	563	580	750	1000	1250	1500	2000
0.01	20	50	95	110	129	155	174	189	224	258	289	500	750	1000	1250	1500	2000
0.02	20	48	77	85	94	105	112	117	128	138	250	500	750	1000	1250	1500	2000
0.03	20	43	63	67	72	78	81	84	89	94	250	500	750	1000	1250	1500	2000
0.04	20	38	52	55	58	61	64	65	68	71	250	500	750	1000	1250	1500	2000
0.05	19	34	44	46	48	51	52	53	55	57	250	500	750	1000	1250	1500	2000

Tableau 36 : tailles d'échantillon (valeurs médianes) en fonction du TPL et de la taille de la sous-population d'échantillonnage pour l'étourdissement gazeux et pour la combinaison d'indicateurs : absence effondrement + présence de redressement + présence de vocalisation + présence de réponse à un stimulus nociceptif

Combinaison 3		absence effondrement + redressement + vocalisation + réponse à un stimulus nociceptif															
TPL (%)	Taille de la sous-population d'échantillonnage en nombre d'animaux																
	20	50	100	120	150	200	250	300	500	1000	5000	10000	15000	20000	25000	30000	40000
0.001	20	50	100	120	150	200	250	300	500	954	2262	2598	2725	2792	2833	2861	2896
0.0025	20	50	100	120	150	200	249	296	456	701	1069	1132	1155	1166	1250	1500	2000
0.005	20	50	100	120	148	191	228	260	350	452	566	582	750	1000	1250	1500	2000
0.01	20	50	95	110	130	156	175	190	225	259	291	500	750	1000	1250	1500	2000
0.02	20	48	78	85	94	105	112	117	129	138	250	500	750	1000	1250	1500	2000
0.03	20	43	63	67	72	78	82	84	90	94	250	500	750	1000	1250	1500	2000
0.04	20	39	52	55	58	62	64	65	69	71	250	500	750	1000	1250	1500	2000
0.05	19	35	44	46	49	51	52	53	55	57	250	500	750	1000	1250	1500	2000

Tableau 37 : tailles d'échantillon (valeurs médianes) en fonction du TPL et de la taille de la sous-population d'échantillonnage pour l'étourdissement gazeux et pour la combinaison d'indicateurs : absence effondrement + présence de redressement + présence de vocalisation + présence de clignement spontané des paupières + présence de poursuite oculaire

Combinaison 4		absence effondrement + redressement + vocalisation + clignement spontané des paupières + poursuite oculaire															
TPL (%)	Taille de la sous-population d'échantillonnage en nombre d'animaux																
	20	50	100	120	150	200	250	300	500	1000	5000	10000	15000	20000	25000	30000	40000
0.001	20	50	100	120	150	200	250	300	500	952	2259	2594	2721	2788	2829	2857	2892
0.0025	20	50	100	120	150	200	249	295	456	700	1067	1131	1153	1165	1250	1500	2000
0.005	20	50	100	120	148	191	228	260	350	451	565	582	750	1000	1250	1500	2000
0.01	20	50	95	110	130	155	175	189	225	258	290	500	750	1000	1250	1500	2000
0.02	20	48	77	85	94	105	112	117	129	138	250	500	750	1000	1250	1500	2000
0.03	20	43	63	67	72	78	81	84	89	94	250	500	750	1000	1250	1500	2000
0.04	20	39	52	55	58	62	64	65	68	71	250	500	750	1000	1250	1500	2000
0.05	19	34	44	46	48	51	52	53	55	57	250	500	750	1000	1250	1500	2000

Tableau 38 : tailles d'échantillon (valeurs médianes) en fonction du TPL et de la taille de la sous-population d'échantillonnage pour l'étourdissement gazeux et pour la combinaison d'indicateurs : présence de redressement + présence de vocalisation + présence de clignement spontané des paupières

Combinaison 7		redressement + vocalisation + clignement spontané des paupières															
TPL (%)	Taille de la sous-population d'échantillonnage en nombre d'animaux																
	20	50	100	120	150	200	250	300	500	1000	5000	10000	15000	20000	25000	30000	40000
0.001	20	50	100	120	150	200	250	300	500	990	2347	2696	2828	2897	2940	2969	3006
0.0025	20	50	100	120	150	200	250	300	473	727	1109	1175	1198	1210	1250	1500	2000
0.005	20	50	100	120	150	198	237	270	363	469	587	604	750	1000	1250	1500	2000
0.01	20	50	99	115	135	161	181	197	234	269	302	500	750	1000	1250	1500	2000
0.02	20	50	81	89	98	109	116,5	122	134	144	250	500	750	1000	1250	1500	2000
0.03	20	45	65	70	75	81	85	87	93	98	250	500	750	1000	1250	1500	2000
0.04	20	40	54	57	60	64	66	68	71	74	250	500	750	1000	1250	1500	2000
0.05	20	36	46	48	50	53	54	55	57	59	250	500	750	1000	1250	1500	2000

Annexe 5 : Scénarios de plans d'échantillonnage pour un TPL de 0,5 % et 0,25 %

Scénarios de plans d'échantillonnage pour un TPL de 0,5 %

Pour un TPL de 0,5 %, afin de réaliser un échantillonnage, les experts proposent que la sous-population d'échantillonnage corresponde à l'activité d'une journée d'abattage (*cf.* Tableau 39) ou une semaine sous réserve que l'efficacité du procédé d'abattage soit stable et les individus de comparables pour la sous-population échantillonnée. L'échantillonnage n'est possible qu'à partir d'une taille de sous-population d'échantillonnage de 500 porcs abattus par jour ou plus. Il conviendra de répartir l'échantillon sur la journée, en sélectionnant toujours les porcs aléatoirement. Pour une activité journalière correspondant à moins de 500 porcs abattus, tous les animaux doivent être observés ; au-delà, la taille de l'échantillon représente plus de 70 % de la sous-population d'échantillonnage pour une journée d'abattage représentant 500 PC, à 6 % pour une journée d'abattage de 10 000 PC (*cf.* Tableau 39). Le Tableau 40 propose des exemples de répartition des observations de l'échantillon par le RPA.

Tableau 39: Taille de l'échantillon en nombre d'animaux et en pourcentage de la taille de la sous-population d'échantillonnage nécessaire en fonction de la taille de la sous-population d'échantillonnage (niveau de confiance fixé à 95 %) pour un TPL de 0,5 %

TPL 0,5 %	Taille de la sous-population d'échantillonnage								
Nombre d'animaux abattus par jour	200	300	500	1 000	5 000	10 000	25 000	30 000	40 000
Taille de l'échantillon			356 (71 %)	459 (45,9 %)	575 (11,5 %)	592 (59,2 %)			

Le gris correspond à la situation où l'échantillon représente plus de 90 % de la population.

Tableau 40 : Quelques exemples de scénarios relatifs à la périodicité de l'échantillonnage

Type d'échantillonnage	Exemple	Avantages	Inconvénients	Conditions
Echantillonnage <u>sur une journée</u> sans préconisation spécifique	10 000 PC/jour 592 PC à la suite le matin	Facilité de mise en place pour l'opérateur	Biais lié au positionnement des porcs échantillonnés dans la journée (pause, changement équipe, maintenance)	Outil à performance constante dans la journée
Echantillonnage <u>sur une journée</u> , à chaque relance de la chaîne	10 000 PC/jour n=592 PC répartis à chaque relance de l'outil d'étourdissement, dans différents lots (ex : si 4 redémarrages -> échantillonner 4 lots) et à minima en deux points dans la journée	Tient compte du réglage de la chaîne au long de la journée	Biais éventuel lié à la modification du fonctionnement de l'outil	Stabilité de la performance de l'étourdissement entre 2 échantillonnages
Echantillonnage <u>sur une journée</u> , réparti sur toute la période	10 000 PC/jour n=592 1 porc tous les 16 porcs	Tient compte de la performance du système d'étourdissement Tirage systématique : représentativité des porcs échantillonnés	Nécessite une présence du RPA quasi-permanente sur la chaîne	
Echantillonnage <u>sur une semaine avec observation quotidienne</u> , à chaque relance de la chaîne	10 000 PC/semaine n = 592 PC 5 jours à 119 porcs par jour. répartis à chaque relance de l'outil d'étourdissement, dans différents lots (ex : si 4 redémarrage -> échantillonner 4 lots) et à minima en deux points dans la journée	Tient compte du réglage de la chaîne au long de la journée	Biais éventuel lié à la modification du fonctionnement de l'outil	Homogénéité de la performance de l'étourdissement entre 2 redémarrages

Note : PC : porcs ; n : taille de l'échantillon

En gris : le GT recommande ce compromis entre pratiques de terrain et les possibilités d'échantillonnage

Pour un taux de prévalence d'échecs à l'étourdissement de 0,5 %, les experts considèrent qu'il s'agit d'un évènement rare. Ils proposent de réaliser un échantillonnage avec une sous-population d'échantillonnage correspondant à l'activité d'abattage sur une journée. Au regard de la protection animale, il devrait être réalisé un échantillonnage de plusieurs séquences sur la journée, réparties de manière à tenir compte de la variabilité de l'efficacité de l'étourdissement.

Scénarios de plans d'échantillonnage pour un TPL de 0,25 %

Pour un TPL de 0,25 %, l'échantillonnage par lot n'est pas possible et l'observation de tous les animaux est impossible à mettre en place dans les abattoirs de grande capacité. Les experts proposent de prendre comme sous-population d'échantillonnage l'activité d'une journée d'abattage (cf. Tableau 41) ou d'une semaine, sous réserve que les individus constituant la sous-population soient comparables dans le temps. Pour une sous-population d'échantillonnage correspondant à une activité d'abattage journalière inférieure à 1 000 porcs, tous les animaux doivent être observés ; au-delà la taille de l'échantillon représente de 71 % de la sous-population d'échantillonnage pour une journée d'abattage de 1 000 PC à 11 % de la sous-population d'échantillonnage pour une journée d'abattage de 10 000 PC (cf. Tableau 41). Pour une chaîne abattant 600 porcs à l'heure, par exemple, cela représente 1h15 à 2h00 d'observation par jour. Le Tableau 42 propose des exemples de répartition des observations de l'échantillon par le RPA.

Tableau 41 : Taille de l'échantillon en nombre d'animaux et en pourcentage de la taille de la sous-population d'échantillonnage nécessaire en fonction de la taille de la sous-population d'échantillonnage (niveau de confiance fixé à 95 %) pour un TPL de 0,25 %

TPL 0,25 %	Taille de la sous-population d'échantillonnage								
	200	300	500	1 000	5 000	110 000	25 000	30 000	40 000
Nombre d'animaux abattus									
Taille de l'échantillon				712 (71,2 %)	1 087 (21,7 %)	1 152 (11,5 %)			

Le gris correspond à la situation où l'échantillon représente plus de 90 % de la population.

Tableau 42 : Quelques exemples de scénarios relatifs à la périodicité de l'échantillonnage

Type d'échantillonnage	Exemple	Avantages	Inconvénients	Conditions
Echantillonnage <u>sur une journée</u> sans préconisation spécifique	10 000 PC/jour 1 152 PC à la suite le matin	Facilité de mise en place pour l'opérateur	Biais lié au positionnement des porcs échantillonnés dans la journée (pause, changement équipe, maintenance)	Outil à performance constante dans la journée
Echantillonnage <u>sur une journée</u> , à chaque relance de la chaîne	10 000 PC/jour n = 1 152 PC répartis à chaque relance de l'outil d'étourdissement, dans différents lots (ex : si 4 redémarrages -> échantillonner 4 lots) et à minima en deux points dans la journée	Tient compte du réglage de la chaîne au long de la journée	Biais éventuel lié à la modification du fonctionnement de l'outil	Stabilité de la performance de l'étourdissement entre 2 échantillonnages
Echantillonnage <u>sur une journée</u> , réparti sur toute la période	10 000 PC/jour n = 1 152 1 porc tous les 9 PC	Tient compte de la performance du système d'étourdissement Tirage systématique : représentativité des porcs échantillonnés	Nécessite une présence du RPA quasi-permanente sur la chaîne	
Echantillonnage <u>sur une semaine avec observation quotidienne</u> , à chaque relance de la chaîne	10 000 PC/jour n = 1 152 5 jours à 230 par jour. répartis à chaque relance de l'outil d'étourdissement, dans différents lots (ex : si 4 redémarrages -> échantillonner 4 lots) et à minima en deux points dans la journée	Tient compte du réglage de la chaîne au long de la journée	Biais éventuel lié à la modification du fonctionnement de l'outil	Stabilité de la performance de l'étourdissement entre 2 échantillonnages

Note : PC : porcs ; n : taille de l'échantillon

En gris : le GT recommande ce compromis entre pratiques de terrain et les possibilités d'échantillonnage.

Annexe 6 : Tutoriel pour l'utilisation de l'application en ligne permettant d'obtenir un plan d'échantillonnage en fonction des indicateurs choisis

Faire attention au choix de l'application : il en existe une pour étourdissement électrique et une autre pour l'étourdissement gazeux. Vous pouvez vérifier que vous êtes dans l'application²³ concernée dans onglet « combinaison d'indicateurs » qui spécifie étourdissement gazeux ou électrique.

Avertissement : compte tenu des arrondis et des approches par simulation, il peut exister une différence d'une unité entre les résultats du rapport pour T1 et l'application en ligne. Choisir dans ce cas la valeur de l'application en ligne.

- **Etape 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
- **Etape 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 terme de sensibilité. Si possible choisir une combinaison qui vous amène à une sensibilité médiane élevée, supérieure ou égale à 0,98 (98%)

Exemple, pour l'application étourdissement électrique, on coche absence effondrement, redressement, vocalisation, absence phase tonique.

On clique sur Résultat (il faut attendre quelques secondes) :

Sur le résultat graphique on voit que la distribution est resserrée à droite, entre 0,8 et 1, ce qui traduit une incertitude modérée 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

Elle est de 0,98 (98%) et la borne inférieure de son intervalle de confiance à 95% est donnée par Q2.5 est 0.799 (79,9%), la borne supérieure de son intervalle de confiance à 95% est donnée par Q97,5 est 1 (100 %)

- **Etape 3** : onglet T0 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
 2. Choisir une précision absolue

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

• <https://shiny-public.anses.fr/Echgazporc/>

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 1% plus ou moins 0.5% soit un intervalle de confiance entre 0.5 et 1.5%

En suivant cet exemple mettre 0,5 dans la case précision absolue.

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

Etape 4 : onglet « Interprétation résultats pos »

objectif : interpréter les résultats de T0

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 »

Par exemple 1522 individus.

3. Cliquer sur résultats
4. Obtention de la prévalence apparente et IC 95% (en lisant Q2.5 et Q97.5)

On obtient 1,05 % et IC95 0,6-1,55 %

NB l'intervalle n'est pas forcément totalement symétrique car la prévalence ne suit pas une loi Normale

5. Obtention de la prévalence réelle et IC 95% (Q2.5 et Q97.5)

On obtient une prévalence réelle (corrigée de la sensibilité) de 1,07 % et IC95 0,65-1,6%

Etape 5 : onglet : T1 détection taux prévalence limite

1. On choisit un nouvel objectif de performance en terme de taux de prévalence limite (TPL) forcément en dessous de l'IC95 de la prévalence réelle

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
mettre dans la case choix niveau de confiance 0.95

4. Résultat minimum taille sous population

La taille minimum de la sous population requise est de 283 animaux. En moyenne, avec cette taille de sous-population, on s'attend à avoir 3 individus conscients dans cette sous-population (supérieur à 1).

5. Résultat maximale taille sous population

La taille maximale de la sous population requise est de 11 900 animaux. En moyenne, avec cette taille de sous-population, on s'attend à avoir 59 individus conscients dans cette sous-population (supérieur à 1).

6. Choix taille sous-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

7. Résultat : taille échantillon requise

On obtient une taille requise de l'échantillon de 411 animaux dans la sous-population de 700 animaux

8. Résultat : taille relative de l'échantillon et sous-population

Il s'agit d'un contrôle : la taille relative est 0.58, 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, le contrôle de second niveau ne peut pas être réalisé selon un plan d'échantillonnage.

9. Résultat : rappel sensibilité médiane prise en compte

Il s'agit d'un contrôle : la valeur affichée est de 0.98, c'est bien la même valeur que celle obtenue dans l'onglet « choix combinaison d'indicateurs » avec cette combinaison d'indicateurs (Exemple, pour l'application étourdissement électrique, on a coché absence effondrement, redressement, vocalisation, absence phase tonique puis résultat combinaison)

10. Résultat : rappel sensibilité médiane prise en compte

Si on n'observe pas de positifs dans l'échantillon on est en dessous du TPL dans sous-population avec un niveau de confiance à 95%

Etape 6 : onglet : interprétation résultats pos

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 411

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 0,03-1,13%

5. Obtention de la prévalence réelle et IC 95% (en lisant Q2.5 et Q97.5)

On obtient 0,25% et 0,03-1,15%

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 sous-population avec une confiance de 95%.



Annexe 7 : Elicitation de connaissances d'experts selon la méthode Sheffield

Cette Annexe fait l'objet d'un document indépendant.

Annexe 8 : Éléments révisés du rapport du 25/03/2019

Les corrections apportées dans le Tableau 33 du rapport visent à harmoniser le contenu de ce Tableau avec le contenu du texte de la conclusion.

Tableau 43 : Présentation des éléments ayant fait l'objet de la révision du rapport

Rapport du 25/03/2019				
TPL	Capacité de l'abattoir/jour	Taille de l'échantillon lorsque la sous-population d'échantillonnage est l'activité journalière	Capacité de l'abattoir/semaine	Taille de l'échantillon (n) lorsque la sous-population d'échantillonnage est l'activité hebdomadaire (PC par semaine/ par jour)
0,1 %	<200	Pas d'échantillonnage possible	<1000	Pas d'échantillonnage possible
	200-1 000	Pas d'échantillonnage possible	1001-5 000	2300/460
	1001-5 000	2300	5001-25 000	2881/576
	5 001-10 000	2642	25 001-50 000	2967/593
0,5 %	<200	Pas d'échantillonnage possible	<1000	(par jour) 459
	200-1 000	459	1001-5 000	(par jour) 575
	1001-5 000	575	5001-25 000	1250/250
	5 001-10 000	592	25 001-50 000	2500*/500
1 %	<200	158	<1000	263/-
	200-1 000	263	1001-5 000	295/-
	1001-5 000	295	5001-25 000	1250/250*
	5 001-10 000	500*	25 001-50 000	2500/500*
	<200	107	<1000	131/-

2%	200-1 000	131	1001-5 000	250*/-
	1001-5 000	250*	5001-25 000	1250/250*
	5 001-10 000	500*	25 001-50 000	2500/500*
3%	<200	79	<1000	91/-
	200-1 000	91	1001-5 000	250/-
	1001-5 000	250*	5001-25 000	1250/250*
	5 001-10 000	500*	25 001-50 000	2500/500*
4%	<200	63	<1000	70
	200-1 000	70	1001-5 000	250
	1001-5 000	250*	5001-25 000	1250/250*
	5 001-10 000	500*	25 001-50 000	2500/500*

* : la taille de l'échantillon est portée à 5% de la sous-population d'échantillonnage

En grisé dans le tableau : situations où il est possible de considérer une sous-population d'échantillonnage correspondant aux animaux abattus durant une journée de fonctionnement ou une semaine dans les cas où le taux de prévalence (inférieur à 0,5 %) le permet (cf. ci-après).

Rapport révisé				
TPL	Capacité de l'abattoir/jour	Taille de l'échantillon lorsque la sous-population d'échantillonnage est l'activité journalière	Capacité de l'abattoir/semaine	Taille de l'échantillon (n) lorsque la sous-population d'échantillonnage est l'activité hebdomadaire (PC par semaine/ par jour)
0,1 %	<200	Pas d'échantillonnage possible	<1000	Pas d'échantillonnage possible
	201-1 000	Pas d'échantillonnage possible	1001-5 000	2300/460
	1001-5 000	2300	5001-25 000	2881/576
	5 001-10 000	2642	25 001-50 000	2967/593
0,5 %	<200	Pas d'échantillonnage possible	<1000	459/92
	201-1 000	459	1001-5 000	575/115
	1001-5 000	575	5001-25 000	1250/250
	5 001-10 000	592	25 001-50 000	2500*/500
1 %	<200	158		
	201-1 000	263		

	1001-5 000	295
	5 001-10 000	500*
	<200	107
2 %	201-1 000	131
	1001-5 000	250*
	5 001-10 000	500*

* : la taille de l'échantillon est portée à 5% de la sous-population d'échantillonnage

Dans ce tableau, le calcul de la taille de l'échantillon a été réalisé à partir de la borne supérieure de la capacité de l'abattoir. Les chiffres peuvent être retrouvés dans l'Annexe 4 du rapport.



Agence nationale de sécurité sanitaire
de l'alimentation, de l'environnement et du travail
14 rue Pierre et Marie Curie
F94701 Maisons-Alfort cedex
www.anses.fr
[@Anses_fr](https://twitter.com/Anses_fr)