

DÉPISTAGE ET DIAGNOSTIC DE LA SURDITÉ CHEZ LE CHIEN*

SCREENING AND DIAGNOSIS OF DEAFNESS IN DOGS

Par Ludovic SIMEON¹

(Communication présentée le 25 mai 2023, manuscrit accepté le 19 juin 2023)

RÉSUMÉ

Dépister et diagnostiquer la surdité chez le chien repose sur l'enregistrement des potentiels évoqués auditifs du tronc cérébral ou PEA. La surdité peut se classer selon cinq critères : son déterminisme, son moment d'apparition, sa sévérité, sa symétrie et selon l'étage anatomo-fonctionnel atteint. Chez les races à risque de surdité héréditaire, à robes blanche ou pie (Dalmatien, Dogue argentin, Bull terrier, Bouvier australien, ...), ou merle (Border collie, Berger australien, ...), le dépistage des reproducteurs et des nouveau-nés doit être encouragé. Le dépistage permet de diminuer la prévalence de la surdité dans ces races. Lors de surdité aiguë chez le chien, l'atteinte auditive doit être confirmée par l'enregistrement des PEA et une cause lésionnelle doit être recherchée par imagerie médicale (tomodensitométrie et/ou imagerie par résonance magnétique). Des causes acquises de surdité sont à rechercher : inflammatoire (otite moyenne notamment), toxique (ou ototoxicité), traumatique, dégénérative (ou presbycusis). Lors de surdité aiguë chez le chien, une surdité bilatérale totale est le plus souvent irréversible.

Mots clés : surdité, chiens, potentiels évoqués auditifs

ABSTRACT

Screening and diagnosis of deafness in dogs is based on Brainstem Auditory Evoked Response or BAER recording. Deafness is usually classified according to five criteria: determinism, onset, severity, symmetry, and anatomical-functional stage reached. In breeds at risk for hereditary deafness, with white or piebald robes (Dalmatian Dogo argentino, Bull terrier, Australian cattle dog, etc.) or merle (Border collie, Australian shepherd, etc.), screening of breeding animals and newborns should be encouraged to reduce the prevalence of deafness in these breeds. In dogs with acute deafness, hearing impairment should be confirmed by BAERs recording and lesions should be investigated by medical imaging (CT-scan and/or magnetic resonance imaging). Acquired causes of deafness are numerous: inflammatory (especially otitis media), toxic (or ototoxicity), traumatic, degenerative (or presbycusis). In acute deafness in dogs, total bilateral deafness is most often irreversible.

Keywords: deafness, dogs, brainstem auditory evoked response

1- Docteur vétérinaire, ORCID 0009-0008-6879-5897, CEAV Médecine interne des Animaux de compagnie, CES Hématologie-Biochimie Clinique Animales, CVGA, 247 route d'Angoulême, 24000, Périgueux. Courriel : simeon.ludovic@neuf.fr

* Cet article est un résumé actualisé de la thèse de l'auteur « Contribution à l'étude de l'anatomie fonctionnelle de l'oreille et de la surdité chez les carnivores domestiques » disponible en ligne à : https://oatao.univ-toulouse.fr/1088/1/celdran_1088.pdf.



La surdité correspond à toute diminution ou perte de l'ouïe, l'ouïe étant le sens par lequel sont perçus les sons (*définition du Larousse*). La prévalence de la surdité dans la population canine, toute cause confondue, est faible, comprise entre 0,1% et 3% (Strain, 1996). Après avoir présenté les différents critères de classification de la surdité, cet article aborde la physiopathologie des surdités d'origine génétique et la technique d'électrodiagnostic permettant l'exploration de la surdité chez le chien : les PEA ou potentiels évoqués auditifs du tronc cérébral. Les PEA sont essentiels au dépistage dans les races canines à risque vis-à-vis de la surdité héréditaire et au diagnostic de la surdité aiguë chez le chien.

CLASSIFICATION DE LA SURDITÉ

La surdité peut être classée selon cinq critères : son déterminisme, son moment d'apparition, sa sévérité, sa symétrie et l'étage anatomo-fonctionnel atteint.

Déterminisme de la surdité (Strain, 1996 et 2012)

Si le déterminisme est génétique, on parle de surdité héréditaire ou innée ; s'il est environnemental, il s'agit d'une surdité acquise reconnaissant des causes infectieuses, toxiques, traumatiques ou dégénératives (on parle alors de presbycusie). Les surdités héréditaires chez le chien sont le plus souvent liées aux gènes de pigmentation de la robe chez les races à robes blanche, pie ou merle (cf paragraphe sur le dépistage). Des surdités autosomales récessives ont été décrites (notamment chez le Doberman) mais elles sont beaucoup moins fréquentes en pratique.

Moment d'apparition de la surdité (Erickson, 1977 ; Garosi, 2002 ; Denis *et al.* 1997)

Si la surdité est présente à la naissance, on parle de surdité congénitale ; si elle survient après la naissance, on qualifie la surdité de tardive ou non congénitale ou abiotrophique (les anglosaxons utilisent le terme *later-onset*). Il existe des surdités héréditaires tardives (non congénitales) comme l'otospongiose chez l'Homme, et des surdités acquises congénitales, secondaires à des infections *in-utero* (comme l'herpesviriose).

Sévérité de la surdité (Garosi, 2002)

Si la fonction auditive est diminuée, on parle de surdité partielle ; si elle est absente, la surdité est alors totale.

Symétrie de la surdité (Luttgen, 1994)

Si une seule oreille est atteinte, la surdité est unilatérale ; si l'atteinte concerne les deux oreilles, la surdité est bilatérale.

Étage anatomo-fonctionnel atteint (Brow, 1991 ; Foss *et al.* 1998 ; Portmann *et al.* 1972)

Dans le langage courant, on désigne par « oreille » l'oreille externe. Mais les supports anatomiques de l'audition reposent sur les trois oreilles (externe, moyenne et interne) et les voies

sensorielles de l'audition (nerf cochléaire et voies nerveuses centrales).

Les trois oreilles constituent l'organe vestibulo-cochléaire, dont les différentes structures sont détaillées sur la figure 1.

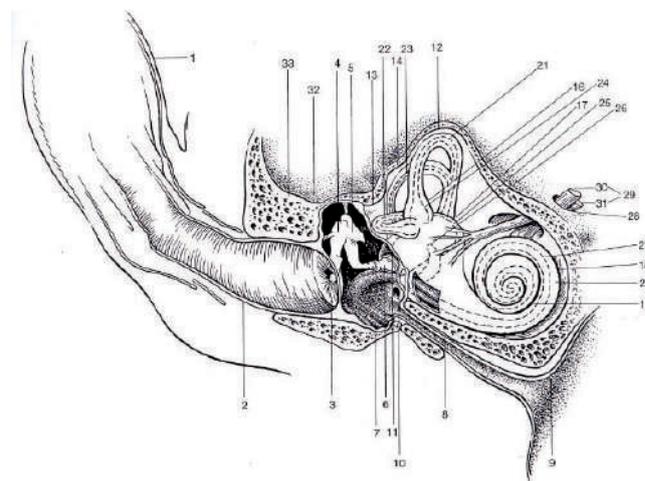


Figure 1 : Représentation schématique d'une vue rostrale d'une coupe transversale théorique de l'oreille droite d'un chien, permettant de visualiser les trois oreilles : externe, moyenne et interne (d'après Foss *et al.* 1998)

1- Auricula ; 2- Meatus acusticus externa ; 3- Membrana tympani ; 4- Malleus ; 5- Incus ; 6- Stapes ; 7- Cavum Tympani ; 8- Tuba auditiva ; 9- Ostium pharyngeum tubae auditivae ; 10- Fenestra cochleae ; 11- Fenestra vestibuli ; 12- Canalis semicircularis osseus anterior ; 13- Canalis semicircularis osseus lateralis ; 14- Canalis semicircularis osseus posterior ; 16- Ampulla ossea ; 17- Vestibulum ; 18- Cochlea ; 19- Scala vestibuli ; 20- Scala tympani ; 21- Ductus semicircularis osseus anterior ; 22- Ductus semicircularis osseus lateralis ; 23- Ductus semicircularis osseus posterior ; 24- Ampulla membranacea ; 25- Utriculus ; 26- Sacculus ; 27- Ductus cochlearis ; 28- Meatus acusticus internus ; 29- Nervus vestibulocochlearis ; 30- Nervus vestibularis ; 31- Nervus cochlearis ; 32- Cavum cranii ; 33- Pars tympanica ossis temporale.

L'oreille externe se compose de l'auricule (ou pavillon auriculaire) et du méat acoustique externe (ou conduit auditif externe). L'oreille moyenne est séparée de l'oreille externe par la membrane tympanique (ou tympan). Elle est formée par la cavité tympanique (ou bulle tympanique) qui contient les trois osselets auditifs : le marteau (accolé au tympan), l'enclume et l'étrier (enchâssé dans la fenêtre ovale). Elle communique avec la partie nasale du pharynx par la trompe auditive (ou trompe d'Eustache). L'oreille interne se situe dans la partie pétreuse de l'os temporal. Elle communique avec l'oreille moyenne par les fenêtres vestibulaire et cochléaire. Elle est composée des canaux semi-circulaires (au nombre de trois) et du vestibule, et de la cochlée. La cochlée, organe de l'audition, est reliée aux voies nerveuses centrales de l'audition par le nerf cochléaire, partie du nerf vestibulo-cochléaire ou nerf VIII (8ème paire des nerfs crâniens). La figure 2 détaille les voies sensorielles de l'audition.

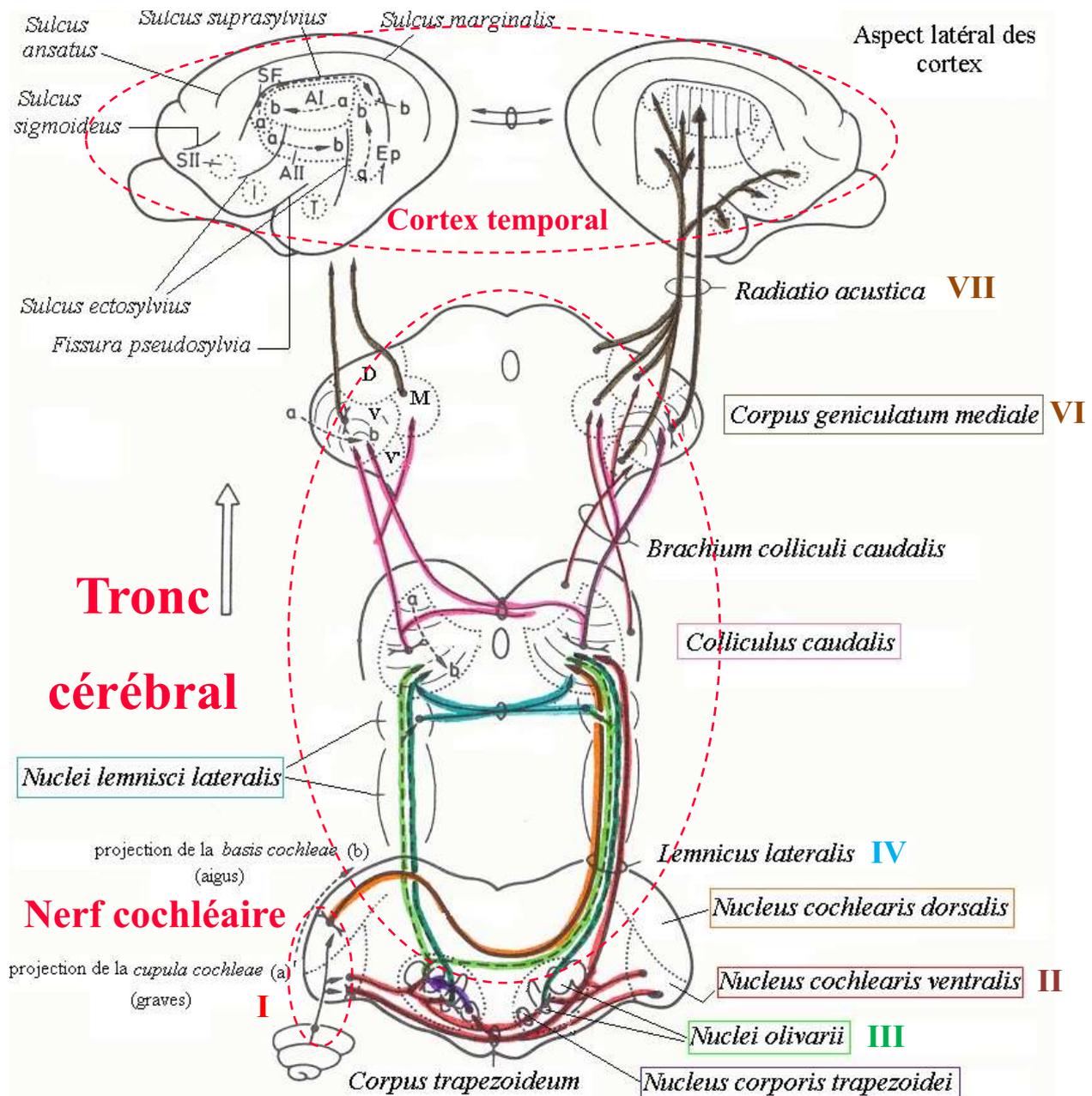


Figure 2 : Représentation schématique des voies sensorielles de l'audition, avec en regard des chiffres romains, les différentes structures à l'origine des PEA (d'après Brow, 1991)

Les voies nerveuses centrales de l'audition se situent dans le tronc cérébral (noyaux cochléaires et olivaires, lemnicus latéral, collicules caudaux, corps géniculés médiaux) et dans le cortex temporal. Lors d'atteinte des oreilles externes et moyennes, on parle de surdité de transmission (ou de conduction) ; lors d'atteinte de l'oreille interne ou des voies sensorielles de l'audition, on parle de surdité de perception (ou de réception ou neurosensorielle ou sensorineuronale). Cette sur-

dité de perception est qualifiée d'endocochléaire lors d'atteinte de l'oreille interne, et de rétrocochléaire lors d'atteinte des voies sensorielles de l'audition. Il n'existe donc pas une surdité mais des surdités. Lors de dépistage en élevage canin, dans les races à risque, on recherche une surdité héréditaire, congénitale, totale, uni- ou bilatérale et de perception endocochléaire. Le paragraphe suivant permet d'expliquer le caractère total de cette surdité et le fait qu'elle soit de perception endocochléaire,

Chez le chiot normo-entendant, l'audition débute vers l'âge de 12-14 jours et atteint son niveau adulte à l'âge de 20 jours. Lors de surdité héréditaire liée à la robe, la dégénérescence de l'organe spiral débute très tôt (vers l'âge d'un jour) et s'achève vers la 3 me ou 4 me semaine de vie. Même si cette surdité n'est pas présente à la naissance, on parle de surdité congénitale. Son dépistage peut s'envisager après l'âge de 5 semaines. Le dépistage de la surdité chez le chien, tout comme son diagnostic, repose sur l'enregistrement des PEA.

LES POTENTIELS ÉVOQUÉS AUDITIFS DU TRONC CÉRÉBRAL (Sims, 1988)

L'enregistrement des PEA est une méthode audiométrique objective. Elle repose sur des stimulations sonores monaurales permettant d'évoquer dans les 10 ms une succession de potentiels d'action (dont le nombre est inférieur ou égal à 7) correspondant au cheminement des influx nerveux dans le tronc cérébral. L'enregistrement des PEA se réalise sous sédation ou sous anesthésie, pour limiter le bruit de fond représenté par l'activité électrique du cerveau ( lectroenc phalogramme) et des muscles de la face ( lectromyogramme). Une fois l'enregistrement des PEA réalisé, on identifie les différentes ondes par leur pic. La figure 5 représente un enregistrement de PEA chez un chien normo-entendant.

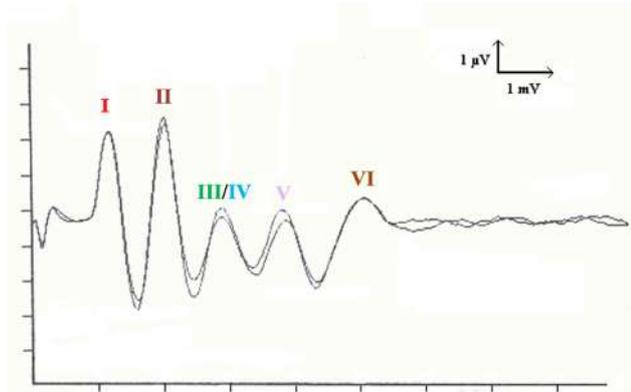


Figure 5 : Enregistrement de PEA à 90 dB HL chez un chien normo-entendant, avec identification des différents pics (notés de I   VI) (d'après Sims, 1988)

L'onde I est la première. L'onde V est celle suivie par une large déflexion négative. Les ondes situées entre I et V correspondent aux ondes II, III et IV (cette dernière étant fusionnée avec l'onde III sur la figure 5). L'onde VI et l'onde VII ne sont pas toujours identifiables. Sur la figure 2, les différentes structures nerveuses du tronc cérébral générant ces ondes sont notifiées : le nerf cochléaire pour l'onde I, les noyaux cochléaires pour l'onde II, les noyaux olivaires pour l'onde III, le lemnisque latéral pour l'onde IV, les collicules caudaux pour l'onde V, les corps géniculés médiaux pour l'onde VI et les radiations acoustiques pour l'onde VII. Les caractéristiques de ces différentes ondes sont notées : amplitudes et latences (figure 6).

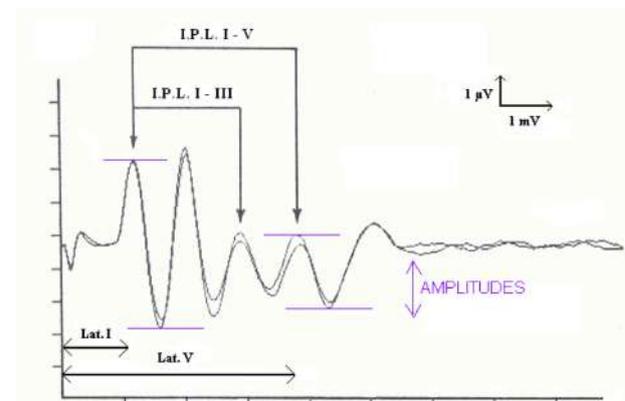


Figure 6 : Caractéristiques des PEA : latences (Lat.), intervalles inter-pics (IPL : « Inter Peak Latency ») et amplitudes (cf figure 5) (d'après Sims, 1988)

Les principales caractéristiques des PEA sont, à 90 dB HL en stimulation aérienne, les amplitudes des ondes I et II supérieures à 5 V ; les latences des pics I et II de l'ordre de 1 ms et de 2 ms respectivement ; l'intervalle entre les pics I et V (IPL I-V, figure 6) de l'ordre de 3 ms. Le seuil de stimulation est également défini. Les PEA sont enregistrés avec des intensités de stimulation décroissantes, en commençant à une intensité de stimulation élevée puis en diminuant de 5 à 20 dB HL entre chaque enregistrement. Le seuil de stimulation chez le chien se situe normalement en dessous de 20 dB HL (la figure 8 illustre un exemple de détermination d'un seuil de stimulation chez un chien). Pour l'enregistrement des PEA, deux types de stimulation sont possibles. Lorsque les stimulations sont des sons, on parle de stimulation aérienne. On peut également utiliser comme stimulation des vibrations à l'aide d'une sonde vibrante appliquée sur le processus mastoïdien. On parle alors de stimulation osseuse. On stimule directement l'oreille interne en shuntant les oreilles externe et moyenne. Si sur la même oreille on observe des PEA en stimulation osseuse et une absence de PEA en stimulation aérienne, il s'agit alors de surdité de transmission ; mais si on observe une absence de PEA en stimulations osseuse et aérienne, il s'agit d'une surdité de perception. La stimulation osseuse est de moins en moins utilisée, l'imagerie médicale avec notamment la tomodesitometrie permettant de mettre en évidence un support lésionnel de la surdité (otite moyenne notamment). En l'absence de lésion, une origine fonctionnelle de la surdité est suspectée : héréditaire (dans les races à risque) ou acquise (ototoxicité, trauma, presbyacousie), cf paragraphe sur le diagnostic de la surdité ci-dessous.

DÉPISTAGE DE LA SURDITÉ HÉRÉDITAIRE CHEZ LE CHIEN

La présence d'une surdité héréditaire liée ou non   la robe a été mise en évidence ou suspectée dans une centaine de races canines. Lors de surdité héréditaire liée à la robe, trois types de robe sont concernés : les robes blanche, pie et merle (Strain, 1996 et 2012).

Les races à robe blanche (présentant l'allèle s^w du blanc extrême) ou avec du blanc dans la robe (présentant l'allèle s^p de la robe pie), concernées par la surdité héréditaire congénitale, sont : le Dalmatien, le Bull terrier, le Dogue argentin, le Jack Russel terrier, le Bouvier australien, le Setter anglais, le Cocker anglais et le Boston terrier. Dans ces races, la prévalence de la surdité congénitale est élevée : 26% chez le Dogue argentin (80% de surdité unilatérale et 20% bilatérale) (Strain, 2021), 21% chez le Bull terrier blanc ($\frac{3}{4}$ unilatérale et $\frac{1}{4}$ bilatérale) (De Risio *et al.* 2016), 18% chez le Dalmatien ($\frac{3}{4}$ unilatérale et $\frac{1}{4}$ bilatérale) (Lewis *et al.* 2020 ; Wood *et al.* 1997), 11% chez le Bouvier australien (85% unilatérale et 15% bilatérale) (Marsh *et al.* 2021), 9% chez le Boston terrier (60% unilatérale et 40% bilatérale) (Strain, 2020), 5,5% chez le Cocker anglais (85% unilatérale et 15% bilatérale) (Strain, 2020), 4,5% chez le Setter anglais (80% unilatérale et 20% bilatérale) (Marsh *et al.* 2020), et 4% chez le Jack Russel terrier (90% unilatérale et 10% bilatérale) (Comito *et al.* 2012).

Les races à robe merle (ou arlequin) sont également prédisposées à la surdité héréditaire congénitale : le Berger australien, le Border collie, le Colley   poil long, le Berger des Shetland, le Dogue allemand, le Teckel et le Bobtail. Les prévalences rapportées dans ces races sont : 9% chez le Berger australien ($\frac{1}{3}$ de surdité unilatérale et $\frac{2}{3}$ bilatérale) (Sommerlad *et al.* 2012 ; Strain, 2009), 3% chez le Border collie (80% unilatérale et 20% bilatérale) (Platt *et al.* 2006).

Comme nous l'avons vu précédemment, la surdité liée aux gènes de pigmentation est due à une anomalie de la strie vasculaire de l'oreille interne (qui dégénère en l'absence de mélanocytes, figure 4) : elle est congénitale, totale, uni- ou bilatérale. C'est un élément clé en dépistage, on recherche avec les PEA la présence ou l'absence d'une surdité totale. La présence d'une surdité partielle n'est pas en faveur d'une surdité héréditaire (Strain, 1996 et 2012).

Le dépistage de la surdité héréditaire dans les races à risque par recherche des P.E.A peut s'envisager dès l'âge de 5 semaines. Il faut bien noter que les animaux sourds unilatéraux (bien plus nombreux que les sourds bilatéraux, d'après les statistiques de prévalence) sont asymptomatiques à la différence des sourds bilatéraux. Chez les chiens sourds unilatéraux, le seul signe évocateur est une difficulté à localiser les sons, liée à la monauralit  (Strain, 1996 et 2012). Leur dépistage est essentiel car ils doivent être écartés de la reproduction pour diminuer la prévalence de la surdité dans la race. En effet, si un seul des deux parents est sourd unilatéral, il a été démontré, chez le Dalmatien et le Border collie, que le risque de surdité dans la portée est multiplié par deux (Strain, 2004 et 2009). Des phénotypes particuliers influencent également la prévalence de la surdité chez les races à risque. Chez le Dalmatien, la présence d'au moins un  il bleu chez un individu multiplie le risque de surdité chez celui-ci par deux (Strain, 2004). En revanche, la présence d'un patch chez le Dalmatien ou d'un masque noir chez le Bouvier australien diminue le risque de surdité en le divisant par trois à cinq (Sommerland, 2012 ; Strain, 2004). Chez les races à robe merle, les homozygotes ont un risque de surdité sept fois supérieur aux hétérozygotes (Strain, 2009).

DIAGNOSTIC DE LA SURDITÉ CHEZ LE CHIEN

Dans ce cas, le motif de consultation est l'apparition aiguë d'une surdité, les propriétaires ayant remarqué que leur chien ne répond plus à leurs sollicitations ou qu'il dort profondément dans un environnement bruyant (Strain, 1996 et 2012). Cette surdité est acquise, tardive, partielle ou totale, uni- ou bilatérale (ce dernier cas étant le plus fréquent car le plus symptomatique), de transmission ou de perception.

Lors de surdité de transmission, la cause la plus fréquente est la présence d'une otite moyenne. C'est le cas notamment lors d'otite moyenne primaire sécrétoire chez le Cavalier King Charles Spaniel (Harcourt-Brown *et al.* 2011). La figure 7 présente un examen tomodensitométrique d'une otite moyenne bilatérale chez un chien atteint de surdité.



Figure 7 : Examen tomodensitométrique d'un Cavalier King Charles Spaniel adulte présentant une surdité bilatérale. Les bulles tympaniques (flèches rouges) sont comblées par un matériel hypodense, en faveur d'une otite moyenne primaire sécrétoire (examen réalisé par le Dr Guillaume Linol, clinique vétérinaire des Vantaux)

Ce type de surdité est partielle. L'enregistrement des PEA met en évidence la présence d'ondes mais avec des caractéristiques altérées : nombre réduit, amplitudes réduites, latences augmentées et/ou seuil de stimulation augmenté (> 20 dB HL). La figure 8 réprésente l'enregistrement des PEA du chien de la figure 7.

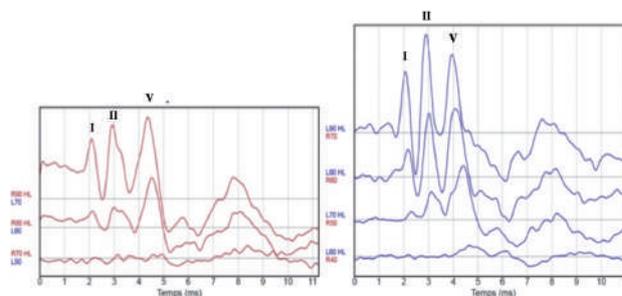


Figure 8 : Enregistrement des PEA du chien de la figure 7. A 90 dB HL, en stimulation aérienne, les latences des ondes I et II sont augmentées (2 et 3 ms respectivement), et le seuil de stimulation est supérieur à 70 dB HL à droite (courbes rouges), et supérieur à 60 dB HL à gauche (courbes bleues). Ce chien présente une surdité partielle bilatérale (Dr L. Sim on, CVGA).

Ce type de surdité est uni- ou bilatérale, et réversible si traitée (par myringotomie). Il faut noter que les otites externes ne sont généralement pas associées à des surdités cliniques chez le chien, sauf lors de sténose majeure (Strain, 1996 et 2012).

Lors de surdité de perception, les causes les plus fréquentes sont l'ototoxicité (notamment des antibiotiques aminosides),

les traumatismes sonores (chez les chiens de chasse ou de travail) et la presbycusie (dégénérescence de l'audition liée à l'âge). Les cellules sensorielles de l'organe spiral de l'oreille interne sont alors atteintes. Ces surdités sont totales, ce que confirme l'enregistrement des PEA qui met en évidence, à de fortes intensités de stimulation (> 80 dB HL), une absence d'ondes soit une ligne isoélectrique (figure 9).

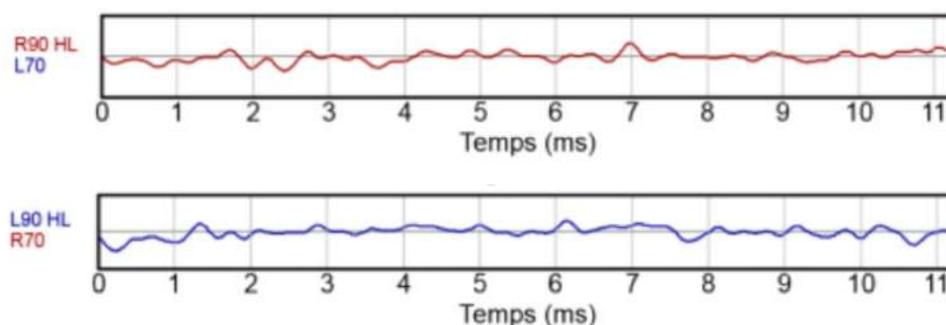


Figure 9 : Enregistrement des PEA chez un chien Retriever du Labrador de 13 ans atteint de presbycusie. A 90 dB HL, en stimulation aérienne, une absence de PEA, soit une ligne isoélectrique, est notée sur chaque oreille (courbe rouge : oreille droite ; courbe bleue : oreille gauche). Ce chien présente une surdité bilatérale totale (Dr L. Siméon, CVGA)

Lors de presbycusie, la surdité est progressive mais les propriétaires ne s'en rendent compte que lorsque leur animal présente une surdité totale.

Ces surdités acquises de perception sont bilatérales si symptomatiques (une atteinte unilatérale étant rarement remarquée par les propriétaires). Elles sont irréversibles, sauf lors de traumatisme sonore, un cas de récupération fonctionnelle sur un chien de travail a été récemment rapporté (Schneider *et al.* 2019).

Par conséquent, lors de surdité aiguë chez le chien, l'enregistrement des PEA permet de la caractériser (sévérité, symétrie) et l'imagerie médicale (tomodensitométrie, imagerie par résonance magnétique) de mettre en évidence, ou non, une atteinte lésionnelle à l'origine de la surdité (inflammatoire lors d'otite moyenne notamment (Belmudes *et al.* 2018)). Une fois cette atteinte lésionnelle traitée, la fonction auditive peut s'améliorer. En l'absence de lésion ou d'amélioration lors de traitement d'atteinte lésionnelle, une cause toxique, trauma-

tique ou dégénérative est à suspecter, la surdité étant alors irréversible (Strain, 1996 et 2012).

CONCLUSION

Le dépistage et le diagnostic de la surdité chez le chien repose sur l'enregistrement des PEA. Le dépistage concerne les chiens reproducteurs et les chiots des races à risque vis-à-vis de la surdité héréditaire : à robe blanche, pie ou merle. Le dépistage a pour but d'écarter de la reproduction les individus atteints de surdité uni- ou bilatérale. Ce type de dépistage se réalise également dans d'autres espèces, le chat notamment (dans les races comme le Norvégien ou le Maine Coon). Le diagnostic de la surdité chez le chien est envisagé lors d'atteinte aiguë et bilatérale. L'imagerie médicale (tomodensitométrie ou imagerie par résonance magnétique) permet de rechercher une atteinte lésionnelle responsable de la surdité. En l'absence de lésion, la surdité est généralement irréversible.

CONFLITS D'INTÉRÊTS

Aucun.

BIBLIOGRAPHIE

- Belmudes A, Pressanti C, Barthez PY, Castilla-Castaño E, Fabries L, Cadiergues MC. Computed tomographic findings in 205 dogs with clinical signs compatible with middle ear disease: a retrospective study. *Vet Dermatol.* 2018; 45:e20
- Brow A.G. 14 – Structural Organisation of Specific Sensory and Motor Sys-

- tems. In *Nerve Cells and Neurons Systems. An Introduction to Neuroscience.* London: Springer-Verlag, 1991:177-195
- Comito B, Knowles KE, Strain GM. Congenital deafness in Jack Russell terriers: prevalence and association with phenotype. *Vet J.* 2012; 404-7
- Coppens A.G., Resibois A., Poncelet

- L. Bilateral deafness in a Maltese terrier and a great Pyrenean puppy: inner ear morphology. *J Comp Pathol* 2000; 223-228
- De Risio L, Freeman J, Lewis T. Prevalence, heritability and genetic correlations of congenital sensorineural deafness and coat pigmentation pheno-

type in the English bull terrier. *BMC Vet Res.* 2016; 146

- Denis B, Colas G. Chapitre XI - Étude génétique du phénotype du chien – Génétique et pathologie : considérations générales. In *Génétique et sélection chez le chien*. Paris : PMCAC, Société des Sciences Naturelles de l'Ouest de la France, 1997, 111-113

- Erickson F, Saperstein G, Leipold H.W. et al. Congenital defects of dogs. Part 1. *Canine Pract.* 1977; 4: 51-61.

- Foss I, Flottorp G. Ear. In *Textbook of Veterinary Histology. Fifth Edition*. Baltimore : Dellmann HD, Eurell J, 1998: 45-358

- Garosi L. Surdité. In *Comptes-Rendus Congrès 2002 AFVAC – CNVSPA: Particularités raciales*. Paris, 2002; 340-341.

- Harcourt-Brown TR, Parker JE, Granger N, Jeffery ND. Effect of middle ear effusion on the brain-stem auditory evoked response of Cavalier King Charles Spaniels. *Vet J.* 2011: 341-5

- Hiraide F, Paparella M.M. Histopathology of the temporal bones of deaf dogs. *Auris Nasus Larynx.* 1988: 97-104

- Lewis T, Freeman J, De Risio L. Decline in prevalence of congenital sensorineural deafness in Dalmatian dogs in the United Kingdom. *J Vet Intern Med.* 2020: 1524-1531

- Luttgen P.J. Deafness in the dog and cat. *Vet Clin North Am Small Anim Pract* 1994: 981-9

- Marsh O, Freeman J, Pollard D, De Risio L. Congenital sensorineural deafness in Australian Cattle dogs in the UK: Prevalence and association with phenotype. *Vet J.* 2021: 105711

- Marsh OJR, Freeman J, Van Dijk J, De Risio L. Congenital sensorineural deafness in English setters in the United Kingdom: prevalence and association with phenotype and sex. *Vet Rec.* 2020: 186(17): e13

- Platt S, Freeman J, di Stefani A, Wiczorek L, Henley W. Prevalence of unilateral and bilateral deafness in border collies and association with phenotype. *J Vet Intern Med.* 2006: 1355-62

- Portmann M, Portmann, C. *Pr cis d'audiom trie clinique avec atlas audiom trique*. Paris : Masson et Cie, 1972, 325 pages

- Schneider DC, Foss KD, De Risio L, Hague DW, Mitek AE, McMichael M. Noise-Induced Hearing Loss in 3 Working Dogs. *Top Companion Anim Med.* 2019: 100362

- Sims M.H. Electrodiagnostic evaluation of auditory function. *Vet Clin North Am Small Anim Pract* 1988:913-44.

- Sommerlad SF, Morton JM, Haile-Mariam M, Johnstone I, Seddon JM,

O'Leary CA. Prevalence of congenital hereditary sensorineural deafness in Australian Cattle Dogs and associations with coat characteristics and sex. *BMC Vet Res.* 2012:202

- Strain GM, Clark LA, Wahl JM, Turner AE, Murphy KE. Prevalence of deafness in dogs heterozygous or homozygous for the merle allele. *J Vet Intern Med.* 2009:282-6

- Strain GM. 2020. <https://www.lsu.edu/deafness/incidenc.htm> (consult  le 10.04.2023)

- Strain GM. Aetiology, prevalence and diagnosis of deafness in dogs and cats. *Br Vet J.* 1996; 152(1): 17-36.

- Strain GM. Canine deafness. *Vet Clin North Am Small Anim Pract.* 2012: 1209-24

- Strain GM. Congenital sensorineural deafness in Dogo Argentino dogs: Prevalence and phenotype associations. *Vet Rec.* 2021; 188: e299

- Strain GM. Deafness prevalence and pigmentation and gender associations in dog breeds at risk. *Vet J.* 2004:23-32

- Wood JL, Lakhani KH. Prevalence and prevention of deafness in the Dalmatian-assessing the effect of parental hearing status and gender using ordinary logistic and generalized random litter effect models. *Vet J.* 1997: 121-33