



**HAL**  
open science

# Etude préliminaire de l'effet de la musique classique diffusée via un bonnet audio sur le stress des chevaux lors d'examens radiographiques

Lauriane Cheveau

► **To cite this version:**

Lauriane Cheveau. Etude préliminaire de l'effet de la musique classique diffusée via un bonnet audio sur le stress des chevaux lors d'examens radiographiques. Médecine vétérinaire et santé animale. 2018. dumas-04882996

**HAL Id: dumas-04882996**

<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-04882996v1>

Submitted on 13 Jan 2025

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Copyright

Année 2018

**ÉTUDE PRÉLIMINAIRE DE L'EFFET DE LA  
MUSIQUE CLASSIQUE DIFFUSÉE *VIA* UN  
BONNET AUDIO SUR LE STRESS DES  
CHEVAUX LORS D'EXAMENS  
RADIOGRAPHIQUES**

THÈSE

Pour le

DOCTORAT VÉTÉRINAIRE

Présentée et soutenue publiquement devant

LA FACULTÉ DE MÉDECINE DE CRÉTEIL

le 16 janvier 2018

par

**Lauriane, Marie, Solène CHEVEAU**

JURY

**Président : Pr. KOBEITER**

**Professeur à la Faculté de Médecine de CRÉTEIL**

**Membres**

**Directeur : Dr. Caroline Gilbert**

**Maître de conférences à l'ENVA**

**Assesseur : Dr. Loïc Desquilbet**

**Maître de conférences à l'ENVA**



**Liste des membres du corps enseignant**

Directeur : M. le Professeur Degueurce Christophe

Directeurs honoraires : MM. les Professeurs : Cotard Jean-Pierre, Mialot Jean-Paul, Moraillon Robert, Parodi André-Laurent, Pilet Charles, Toma Bernard.  
Professeurs émérites : Mme et MM. : Bénét Jean-Jacques, Chermette René, Combrisson Hélène, Courreau Jean-François, Deputte Bertrand, Niebauer Gert, Paragon Bernard, Pouchelon Jean-Louis.

**Département d'élevage et de pathologie des Équidés et des Carnivores (DEPEC)**

Chef du département : Pr Grandjean Dominique - Adjoint : Pr Blot Stéphane

<p><b>Unité pédagogique de cardiologie</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Pr Chetboul Valérie*</li> <li>- Dr Gkouni Vassiliki, Praticien hospitalier</li> </ul> <p><b>Unité pédagogique de clinique équine</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Pr Audigé Fabrice</li> <li>- Dr Bertoni Lélia, Maître de conférences</li> <li>- Dr Bourzac Céline, Maître de conférences contractuelle</li> <li>- Dr Coudry Virginie, Praticien hospitalier</li> <li>- Pr Denoix Jean-Marie</li> <li>- Dr Giraudet Aude, Praticien hospitalier *</li> <li>- Dr Jacquet Sandrine, Praticien hospitalier</li> <li>- Dr Mespoulhès-Rivière Céline, Praticien hospitalier</li> <li>- Dr Moiroud Claire, Praticien hospitalier</li> </ul> <p><b>Unité pédagogique de médecine interne</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Dr Benchekroun Ghita, Maître de conférences</li> <li>- Pr Blot Stéphane*</li> <li>- Dr Canonne-Guibert Morgane Maître de conférences contractuelle</li> <li>- Dr Freiche-Legros Valérie, Praticien hospitalier</li> <li>- Dr Maurey-Guénec Christelle, Maître de conférences</li> </ul> <p><b>Discipline : imagerie médicale</b></p> <p>-</p>	<p><b>Unité pédagogique de médecine de l'élevage et du sport</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Dr Cléro Delphine, Maître de conférences</li> <li>- Dr Fontbonne Alain, Maître de conférences</li> <li>- Pr Grandjean Dominique*</li> <li>- Dr Maenhoudt Cindy, Praticien hospitalier</li> <li>- Dr Nudelmann Nicolas, Maître de conférences</li> </ul> <p><b>Unité pédagogique de pathologie chirurgicale</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Pr Fayolle Pascal</li> <li>- Dr Mailhac Jean-Marie, Maître de conférences</li> <li>- Dr Manassero Mathieu, Maître de conférences</li> <li>- Pr Moissonnier Pierre</li> <li>- Pr Viateau-Duval Véronique*</li> </ul> <p><b>Discipline : anesthésie, réanimation, urgences, soins intensifs</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Dr Zilberstein Luca, Maître de conférences</li> </ul> <p><b>Discipline : ophtalmologie</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Dr Chahory Sabine, Maître de conférences</li> </ul> <p><b>Discipline : nouveaux animaux de compagnie</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Dr Pignon Charly, Praticien hospitalier</li> </ul>
---	---

**Département des Productions Animales et de la Santé Publique (DPASP)**

Chef du département : Pr Millemann Yves - Adjoint : Pr Dufour Barbara

<p><b>Unité pédagogique d'hygiène, qualité et sécurité des aliments</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Pr Augustin Jean-Christophe</li> <li>- Dr Bolnot François, Maître de conférences *</li> <li>- Pr Carlier Vincent</li> </ul> <p><b>Unité pédagogique de maladies réglementées, zoonoses et épidémiologie</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Pr Dufour Barbara*</li> <li>- Pr Haddad/Hoang-Xuan Nadia</li> <li>- Dr Praud Anne, Maître de conférences</li> <li>- Dr Rivière Julie, Maître de conférences</li> </ul> <p><b>Unité pédagogique de pathologie des animaux de production</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Pr Adjou Karim*</li> <li>- Dr Belbis Guillaume, Maître de conférences</li> <li>- Dr Maxime Delsart, , Maître de conférences associé</li> <li>- Pr Millemann Yves</li> <li>- Dr Ravary-Plumioën Bérange, Maître de conférences</li> <li>- Dr Plassard Vincent, Praticien hospitalier</li> </ul>	<p><b>Unité pédagogique de reproduction animale</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Dr Constant Fabienne, Maître de conférences*</li> <li>- Dr Desbois Christophe, Maître de conférences (rattaché au DEPEC)</li> <li>- Dr El Bay Sarah, Praticien hospitalier</li> <li>- Dr Mauffré Vincent, Maître de conférences</li> </ul> <p><b>Unité pédagogique de zootechnie, économie rurale</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Dr Arné Pascal, Maître de conférences</li> <li>- Pr Bossé Philippe*</li> <li>- Dr De Paula Reis Alline, Maître de conférences</li> <li>- Pr Grimard-Ballif Bénédicte</li> <li>- Dr Leroy-Barassin Isabelle, Maître de conférences</li> <li>- Pr Ponter Andrew</li> <li>- Dr Wolgust Valérie, Praticien hospitalier</li> </ul>
--	---

**Département des sciences biologiques et pharmaceutiques (DSBP)**

Chef du département : Pr Chateau Henry - Adjoint : Pr Pilot-Storck Fanny

<p><b>Unité pédagogique d'anatomie des animaux domestiques</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Dr Boissady Emilie, Maître de conférences contractuelle</li> <li>- Pr Chateau Henry</li> <li>- Pr Crevier-Denoix Nathalie</li> <li>- Pr Robert Céline*</li> </ul> <p><b>Unité pédagogique de bactériologie, immunologie, virologie</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Pr Boulouis Henri-Jean*</li> <li>- Pr Eloit Marc</li> <li>- Dr Le Poder Sophie, Maître de conférences</li> <li>- Dr Le Roux Delphine, Maître de conférences</li> </ul> <p><b>Unité pédagogique de biochimie</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Pr Bellier Sylvain*</li> <li>- Dr Lagrange Isabelle, Praticien hospitalier</li> <li>- Dr Michaux Jean-Michel, Maître de conférences</li> </ul> <p><b>Discipline : éducation physique et sportive</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- M. Philips Pascal, Professeur certifié</li> </ul> <p><b>Unité pédagogique d'histologie, anatomie pathologique</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Dr Cordonnier-Lefort Nathalie, Maître de conférences</li> <li>- Pr Fontaine Jean-Jacques*</li> <li>- Dr Laloy Eve, Maître de conférences</li> <li>- Dr Reyes-Gomez Edouard, Maître de conférences</li> </ul>	<p><b>Unité pédagogique de management, communication, outils scientifiques</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Mme Conan Muriel, Professeur certifié (Anglais)</li> <li>- Dr Desquilbet Loïc, Maître de conférences (Biostatistique, Epidémiologie) *</li> <li>- Dr Fournel Christelle, Maître de conférences contractuelle (Gestion et management)</li> <li>- Dr Marignac Geneviève, Maître de conférences</li> </ul> <p><b>Unité de parasitologie, maladies parasitaires, dermatologie</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Dr Blaga Radu, Maître de conférences (rattaché au DPASP)</li> <li>- Dr Cochet-Faivre Noëlle, Praticien hospitalier (rattachée au DEPEC)</li> <li>- Dr Darmon Céline, Maître de conférences contractuelle (rattachée au DEPEC)</li> <li>- Pr Guillot Jacques*</li> <li>- Dr Polack Bruno, Maître de conférences</li> <li>- Dr Risco-Castillo Verónica, Maître de conférences</li> </ul> <p><b>Unité pédagogique de pharmacie et toxicologie</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Pr Enriquez Brigitte,</li> <li>- Dr Kohlhauer Mathias, Maître de conférences contractuel</li> <li>- Dr Perrot Sébastien, Maître de conférences *</li> <li>- Pr Tissier Renaud</li> </ul> <p><b>Unité pédagogique de physiologie, éthologie, génétique</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Dr Chevallier Lucie, Maître de conférences (Génétique)</li> <li>- Dr Crépeaux Guillemette, Maître de conférences (Physiologie, Pharmacologie)</li> <li>- Dr Gilbert Caroline, Maître de conférences (Ethologie)</li> <li>- Pr Pilot-Storck Fanny (Physiologie, Pharmacologie)</li> <li>- Pr Tiret Laurent, (Physiologie, Pharmacologie) *</li> </ul>
--	--

\* responsable d'unité pédagogique



# REMERCIEMENTS

**Au professeur de la Faculté de Médecine de Créteil,**

Qui m'a fait l'honneur de présider mon jury de thèse,  
Hommage respectueux.

**À Madame Caroline Gilbert,**

Maître de conférences à l'École Nationale Vétérinaire d'Alfort,  
Pour m'avoir proposé ce travail et l'avoir dirigé,  
Pour m'avoir formée et accompagnée dans mon apprentissage de l'éthologie pendant ces cinq années,  
Qu'elle voie ici le témoignage de ma gratitude et de mon respect les plus profonds.

**À Monsieur Loïc Desquilbet,**

Maître de conférences à l'École Nationale Vétérinaire d'Alfort,  
Pour avoir accepté d'être assesseur de cette thèse et pour la justesse de ses conseils,  
Qu'il reçoive ici l'expression de mes remerciements les plus sincères.

**À Madame Céline Robert,**

Professeur à l'École Nationale Vétérinaire d'Alfort,  
Pour votre aide précieuse lors de la réalisation de cette thèse,  
Sincères remerciements.

**À Monsieur Hugo Kajdas et Monsieur Thomas Pandraud,**

Président fondateur et directeur opérationnel de la société HorseCom,  
Pour avoir proposé cette collaboration et pour votre aide,  
Sincères remerciements.

**À Madame Claire Moiroud et Madame Amélie Tallaj,**

Praticienne hospitalière et résidente en DESV de pathologie locomotrice,  
Pour votre aide et votre soutien lors des expériences,  
Sincères remerciements.

**À Madame Aude Giraudet et Madame Céline Mespouhès-Rivière,**

Praticiennes hospitalières à la clinique équine de l'École Nationale Vétérinaire d'Alfort,  
Pour m'avoir permis de réaliser cette thèse au sein de la clinique équine,  
Sincères remerciements.

**À Madame Ulrika Maire, Madame Yolaine de Thézy, Madame Benoîte Delpouve, Madame Alexandra Debacker, Madame Charlotte Sauvier, Monsieur Nathan Coriou et Monsieur Valentin Héroult.**

Internes à la clinique équine de l'École Nationale Vétérinaire d'Alfort,  
Pour votre collaboration lors des expériences,  
Sincères remerciements.

**À Monsieur Matthieu Ben Hamouda-Guichoux,**

Étudiant vétérinaire à l'École Nationale Vétérinaire d'Alfort et second co-investigateur de cette étude,  
Pour votre aide et votre grande implication dans la réalisation de ces expériences,  
Sincères remerciements.

**Aux étudiants de quatrième année ayant participé aux examens radiographiques,**

Pour votre aide précieuse et votre intérêt,  
Sincères remerciements.

**Aux propriétaires des chevaux de l'étude,**

Pour l'intérêt que vous avez porté à ce travail et votre participation,  
Sincères remerciements.

**À ma très grande et merveilleuse famille,**

**À ma seconde famille : le groupe 3, les Francix, les Sulnix, le groupe 3 junior (volaille  
indisciplinée !),**

**À mes ami(e)s de toujours,**

**À tous ceux qui m'ont soutenue pendant ces cinq années,**

Merci pour votre présence qui a rendu ces années extraordinaires,  
Remerciements du fond du cœur.

# TABLE DES MATIÈRES

TABLE DES MATIÈRES .....	1
INDEX DES FIGURES .....	4
INDEX DES TABLEAUX .....	5
LISTE DES ABRÉVIATIONS .....	6
INTRODUCTION.....	7
PREMIÈRE PARTIE : STRESS ET MUSIQUE CHEZ LES ANIMAUX, ÉTUDE BIBLIOGRAPHIQUE .....	9
1. La musique génère des émotions chez les animaux.....	11
1.1. De la souris à l'homme, la musique modifie l'état émotionnel et réduit le stress.....	11
1.1.1. Études chez l'homme.....	12
1.1.2. Études chez les animaux.....	14
1.1.2.1. Des effets relaxants chez les animaux sauvages en captivité.....	15
1.1.2.2. Des effets sur le stress psychologique et physiologique démontrés chez les rats, souris et poules, modèles pour l'homme.....	17
1.1.2.3. Des effets bénéfiques de la musique classique sur le comportement des animaux de production.....	17
1.1.2.4. Des effets variables selon le genre de musique chez les animaux de compagnie.....	18
1.2. Cheval et musique : des effets positifs sur le bien-être .....	19
2. Les mécanismes d'action de l'effet de la musique sur le stress .....	22
2.1. Les mécanismes cognitifs et physiologiques de la musique sur les émotions et le stress .....	22
2.1.1. Le cerveau et la musique.....	22
2.1.2. L'activation du système nerveux autonome par la musique.....	24
2.1.3. L'inhibition de l'axe hypothalamo-hypophyso-surrénalien par la musique.....	25
2.2. Des effets dépendants de plusieurs facteurs .....	26
2.2.1. Les caractéristiques des composantes de la musique : des facteurs indivisibles ?.....	26
2.2.2. Les facteurs extra-musicaux.....	28
2.2.2.1. Les caractéristiques de l'espèce.....	28
2.2.2.2. Les facteurs individuels.....	30



3. Pourquoi et avec quels outils étudier les effets de la musique sur le stress des chevaux ?	
Application à notre étude .....	32
3.1. L'importance de la gestion du stress infligé aux chevaux .....	32
3.1.1. Le stress et ses conséquences .....	32
3.1.2. Le stress engendré par les manipulations des vétérinaires, y compris chez les chevaux sédatisés .....	33
3.2. Des outils pour mesurer les effets de la musique sur le stress des chevaux.....	34
3.2.1 Diffuser la musique aux chevaux mais non aux manipulateurs : le casque audio ..	34
3.2.2. Les paramètres comportementaux.....	35
3.2.2.1. Adaptation des échelles de douleur basées sur l'expression faciale .....	35
3.2.2.2. Facilité de placement du cheval pour les radiographies.....	40
3.2.2.3. Autres paramètres comportementaux.....	41
3.2.2.4. L'influence de la personnalité sur le comportement, un facteur à prendre en considération .....	42
3.2.3. Les paramètres physiologiques : discussion de leur pertinence .....	43
3.2.3.1. Fréquence cardiaque et intervalles RR.....	43
3.2.3.2. Le cortisol : des résultats contradictoires dans la littérature .....	43
4. Conclusion bibliographique .....	45
DEUXIÈME PARTIE : ÉTUDE PRÉLIMINAIRE DE L'EFFET DE LA MUSIQUE CLASSIQUE DIFFUSÉE <i>VIA</i> UN BONNET AUDIO SUR LE STRESS DES CHEVAUX LORS D'EXAMENS RADIOGRAPHIQUES.....	47
1. Animaux, matériels et méthodes .....	51
1.1. Présentation de la structure.....	51
1.1.1. La clinique équine de l'École Nationale Vétérinaire d'Alfort .....	51
1.1.2. Fonctionnement des consultations de locomotion.....	52
1.2. Choix des animaux et description de l'échantillon .....	53
1.2.1. Critères d'inclusion.....	53
1.2.2. Critères de non-inclusion.....	53
1.2.3. Critère d'exclusion.....	54
1.2.4. Description des chevaux et groupes .....	54
1.3. Choix de la musique.....	58
1.4. Protocole expérimental.....	59
1.4.1. Test d'émotivité : observation de la montée sur la balance .....	59
1.4.2. Questionnaire sur l'utilisation d'un bonnet et la diffusion de musique.....	61

1.4.3. Équipement du cheval et répartition dans l'un des trois groupes .....	61
1.4.4. Réalisation des clichés radiographiques et mesure du stress .....	62
1.4.5. Sortie de la salle de radiographie .....	63
1.5. Paramètres mesurés par l'observation en direct et sur vidéos .....	64
1.5.1. Analyse de l'expression faciale .....	64
1.5.2. Répertoire comportemental .....	67
1.5.3. Relevé de paramètres extérieurs pouvant modifier le stress ou son expression.....	69
2. Analyse statistique.....	70
2.1. Analyse statistique des paramètres de l'expression faciale .....	70
2.2. Analyse statistique des paramètres comportementaux autres que l'expression faciale .	70
2.3. Analyse statistique des paramètres cardiaques.....	71
3. Résultats .....	72
3.1. Influence de la musique sur les paramètres comportementaux.....	73
3.2. Influence de la musique sur les paramètres cardiaques.....	75
3.3. Facteurs de confusion et groupes comparés .....	75
4. Discussion .....	77
4.1. Une étude préliminaire .....	77
4.2. Analyse de la pertinence des paramètres mesurés et des facteurs de confusion potentiels .....	79
4.3. Perspectives de l'étude.....	81
4.3.1. Étudier les expressions faciales induites par le stress chez les chevaux .....	81
4.3.2. Une étude à plus grande échelle ? .....	82
CONCLUSION .....	85
BIBLIOGRAPHIE .....	87
ANNEXES .....	95
<i>Annexe 1 : Échelle d'expression faciale de la douleur des chevaux, développée par Costa et al. (2014) comme outil d'évaluation de la douleur des chevaux ayant subi une castration en routine .....</i>	<i>95</i>
<i>Annexe 2 : Questionnaire complété par les propriétaires de chevaux participant à l'étude sur l'effet de la musique classique sur le stress des chevaux lors d'examens radiographiques, réalisée à l'ENVA du 19/01/17 au 05/05/17.....</i>	<i>96</i>
<i>Annexe 3 : Scores des chevaux au test d'émotivité, réalisé lors de l'étude sur l'effet de la musique classique sur le stress des chevaux lors d'examens radiographiques, effectués à l'ENVA du 19/01/17 au 05/05/17.....</i>	<i>98</i>

## INDEX DES FIGURES

<u>Figure 1</u> : Audiogrammes du cheval et de l'homme associés à la représentation de l'intervalle de fréquence de communication vocale du cheval et de l'intervalle de fréquence utilisé en musique. <i>Modifié d'après Heffner et Heffner (1983)</i> .....	28
<u>Figure 2</u> : Expressions faciales du cheval algique et non algique. <i>Illustration de Andrea Klintbjer pour Gleerup et al. (2015)</i> .....	37
<u>Figure 3</u> : Salle de radiographie de la clinique équine de l'ENVA, avec générateur radiographique fixe ....	51
<u>Figure 4</u> : Bonnet d'oreilles utilisé lors des expérimentations, intégrant des écouteurs et une pochette contenant le lecteur mp3 (HorseCom®).....	55
<u>Figure 5</u> : Emplacement de la balance dans le hall de clinique équine de l'ENVA, utilisée pour tester l'émotivité des chevaux.....	60
<u>Figure 6</u> : Placement du cheval pour une radiographie de la région cervicale haute .....	63
<u>Figure 7</u> : Exemples de scores d'expressions faciales d'ouverture de l'œil et de tension et angle du sourcil, à partir de photos prises pendant les expériences .....	66
<u>Figure 8</u> : Comparaison des scores d'expression faciale entre les chevaux des groupes « témoin simple » (0, n = 6), « témoin avec bonnet » (1, n = 5), et « bonnet et musique » (2, n = 5), illustrant un éventuel biais de classement différentiel. Aucune différence significative n'a été notée. $\alpha = 0,05$ avec correction de Holm .....	80
<u>Figure 9</u> : Deux degrés de plissement et d'ouverture des naseaux différents chez le cheval sédaté.....	83

## INDEX DES TABLEAUX

<u>Tableau 1</u> : Caractéristiques des 16 chevaux de l'étude, réalisée du 19/01/17 au 05/05/17 à l'ENVA, répartis aléatoirement dans les trois groupes, avec appariement selon leur catégorie d'émotivité .....	56
<u>Tableau 2</u> : Critères de répartition des chevaux en trois catégories d'émotivité, selon leur comportement lors de la montée sur la balance et lors de l'injection de sédatif.....	60
<u>Tableau 3</u> : Description des composantes de l'expression faciale utilisées dans le codage du stress de chevaux sédatisés lors de l'étude sur l'effet de la musique sur le stress des chevaux lors d'examens radiographiques, réalisée à l'ENVA du 19/01/17 au 05/05/17 .....	65
<u>Tableau 4</u> : Répertoire comportemental utilisé pour coder le stress de chevaux sédatisés lors de l'étude sur l'effet de la musique sur le stress des chevaux lors d'examens radiographiques, réalisée à l'ENVA du 19/01/17 au 05/05/17.....	68
<u>Tableau 5</u> : Durées d'observation des comportements codés en fréquence à partir des vidéos pour chaque individu, enregistrées du 19/01/17 au 05/05/17 à l'ENVA.....	69
<u>Tableau 6</u> : Comparaison des paramètres et scores comportementaux entre les trois groupes « témoin simple », « témoin avec bonnet » et « bonnet et musique » afin d'étudier l'effet de la musique sur le stress des chevaux lors d'examens radiographiques. $\alpha = 0,05$ avec correction de Holm pour chaque type de données .....	74
<u>Tableau 7</u> : Comparaison des intervalles RR moyens entre les trois groupes « témoin simple », « témoin avec bonnet » et « bonnet et musique » afin d'étudier l'effet de la musique sur le stress des chevaux lors d'examens radiographiques. $\alpha = 0,05$ avec correction de Holm pour les deux derniers paramètres.....	75
<u>Tableau 8</u> : Description des facteurs de confusion potentiels de l'effet de la musique sur le stress des chevaux lors d'examens radiographiques. Données collectées du 19/01/17 au 05/05/17 à l'ENVA.....	76

## LISTE DES ABRÉVIATIONS

**ACTH** : Hormone corticotrope (« *AdrenoCorticoTrophic Hormone* »)

**bpm** : Battement par minute

**CIRALE** : Centre d'Imagerie et de Recherche sur les Affections Locomotrices Equines

**ComERC** : Comité d'Ethique en Recherche Clinique

**dB** : Décibel

**DESV** : Diplôme d'Études Spécialisées Vétérinaires

**ECG** : ÉlectroCardioGramme

**ENVA** : École Nationale Vétérinaire d'Alfort

**EPF**: *Equine Pain Face*

**EquiFACS**: *Equine Facial Action Coding System*

**EQUUS-FAP**: *Equine Utrecht University Scale for Facial Assessment of Pain*

**HGS**: *Horse Grimace Scale*

**Hz** : Hertz

**IRMf** : Imagerie par Résonance Magnétique fonctionnelle

**SNA** : Système Nerveux Autonome

**SNP** : Système Nerveux Parasymphatique

**SNS** : Système Nerveux Sympathique

**TEP** : Tomographie par Émission de Positons

# INTRODUCTION

Dés le XVI<sup>ème</sup> siècle, des écrits témoignent de l'utilisation de la musique dans le travail des chevaux. L'Ecole d'Equitation Espagnole, à Vienne, connue pour ses ballets de lipizzans, entraînait ses chevaux en musique. A cette époque, une grande sensibilité à la musique était attribuée aux chevaux. Est-ce une croyance ou une réalité ? En 2000, la première étude sur l'effet de la musique sur les chevaux était publiée (Houpt *et al.*, 2000). Depuis les travaux scientifiques restent rares, mais les effets bénéfiques de la musique sur le stress des animaux ont été explorés chez de nombreuses espèces, et bien que créée par l'homme, la musique n'influence pas que ses émotions. Les sons et bruits font parties de l'environnement naturel des êtres vivants. Ce paysage acoustique est occupé par des sons d'origine animale, la biophonie, et des sons produits par les éléments physiques, la géophonie ; tout comme un écosystème est physiquement occupé par les espèces animales dans un biotope donné (Pijanowski *et al.*, 2011). En captivité, le paysage acoustique des animaux est entièrement modifié. Il est donc pertinent de se poser la question si améliorer le bien-être des animaux domestiques ou en captivité ne se restreindrait pas seulement à aménager l'environnement physique en lien avec leur milieu de vie naturel, mais aussi à aménager leur environnement sonore. Les sons, la musique, pourraient ainsi avoir une action non soupçonnée jusque-là sur la perception qu'à l'animal de son milieu et sur son bien-être.

Ce travail de thèse a pour but d'explorer si la musique classique peut diminuer le stress des chevaux lors de manipulations stressantes en contexte vétérinaire. Dans une première partie bibliographique seront exposés les effets de la musique sur le stress des animaux, les mécanismes en jeu, l'intérêt particulier d'utiliser la musique chez le cheval ainsi que les outils nécessaires à l'étude de ses effets chez le cheval. Dans une seconde partie expérimentale, l'étude sur l'effet de la musique classique diffusée *via* un bonnet audio sur le stress des chevaux lors d'examens radiographiques sera présentée.



**PREMIÈRE PARTIE : STRESS ET MUSIQUE CHEZ  
LES ANIMAUX, ÉTUDE BIBLIOGRAPHIQUE**





Les études sur l'effet de l'écoute passive de musique sur les humains et les animaux non humains se scindent en quatre grands axes de recherche. Le premier concerne les modifications sur le court terme des performances cognitives liées à l'écoute de la musique (Rickard *et al.*, 2005). Plusieurs performances sont étudiées : les performances d'orientation spatiale, l'apprentissage, la mémoire. Ces études consistent à faire écouter de la musique aux sujets pendant une tâche demandée, et à mesurer leurs performances. Le second axe s'attache à mesurer l'effet sur le long terme de l'écoute de la musique sur la cognition, la mémorisation, l'apprentissage mais également sur le développement cérébral, la plasticité neuronale, et la physiologie (Rickard *et al.*, 2005). Par exemple la musique est diffusée à des animaux juvéniles, parfois même en prénatal, et leur croissance est mesurée. Le troisième axe se focalise sur l'effet de l'écoute passive de la musique sur la douleur ou le stress des humains ou des animaux non humains. Enfin le quatrième et dernier axe consiste en l'étude de l'effet de la musique sur des personnes atteintes de maladies mentales, de la maladie d'Alzheimer aux autres démences (Sacks, 2006).

Les expériences menées dans le cadre de cette thèse ont pour but l'étude de l'effet de la musique sur le stress des chevaux en contexte vétérinaire. Nous nous intéresserons donc dans cette première partie bibliographique essentiellement à l'effet de la musique sur le stress des animaux.

## **1. La musique génère des émotions chez les animaux**

### **1.1. De la souris à l'homme, la musique modifie l'état émotionnel et réduit le stress**

La musique provoque des émotions perçues tant physiquement que mentalement. Ces émotions peuvent être d'intensité très variable, allant jusqu'à l'état de transe chez l'homme (Sacks, 2006). Des images IRM (Imagerie par Résonance Magnétique), des électroencéphalogrammes, des tests d'écoutes latéralisées et des études sur des personnes ayant des lésions cérébrales ont prouvé que des émotions similaires à celles perçues en dehors de l'écoute de musique sont ressenties lors de l'écoute de musique (Rickard *et al.*, 2005).

La musique, en tant qu'art, a longtemps été considérée comme uniquement humaine, mais les études récentes montrent que les animaux y sont sensibles, et seraient également capables d'en produire. Le rythme est un élément pivot de l'effet de la musique : un rythme lent favorise la relaxation, à l'opposé un rythme rapide augmente l'état d'éveil et peut provoquer un énervement, qui peut être délétère (Sacks, 2006). Cependant le sens du rythme ne semble pas être nécessaire pour ressentir ces émotions influencées par le rythme. Le sens du rythme se définit par la tendance à bouger en rythme de façon synchrone avec le rythme de la musique. Cette aptitude a été très peu étudiée chez les animaux si bien que nous ne savons pas s'ils en sont pourvus ou non. Il a été postulé que cette aptitude était une particularité de l'homme, car elle demanderait une intégration et une coordination fine entre le système auditif et moteur, et qu'elle emprunterait les mêmes circuits neuronaux que l'apprentissage vocal complexe (le langage). De fait sa démonstration chez un cacatoès à huppe jaune (Patel *et al.*, 2009) remet en cause cette suprématie (Kaplan, 2009). Concernant le cheval cette faculté n'a pas encore été étudiée, bien qu'un protocole ait été proposé et discuté (Bregman *et al.*, 2012 ; Schachner, 2013). Bien que nous ne sachions pas si les animaux ont le sens du rythme, nous savons qu'ils sont sensibles aux rythmes et aux styles des musiques : il a été démontré chez le pigeon carneau, la carpe et le moineau que ces espèces sont capables de discriminer différents styles et rythmes de musique (Porter et Neuringer, 1984 ; Watanabe et Nemoto, 1998 ; Watanabe et Sato, 1999 ; Chase, 2001). Certaines d'entre elles montrent des préférences musicales, de morceaux et de styles (Watanabe et Nemoto, 1998). Même la capacité à créer de la musique est remise en cause en tant qu'aptitude spécifiquement humaine, des oiseaux, des dauphins, baleines et grands singes produisant parfois des séquences de chants ou des percussions pour eux-mêmes (Kaplan, 2009).

La musique générant des émotions chez l'homme, de nombreuses études se sont focalisées sur son effet sur le stress. Suite à la découverte de la réceptivité des animaux à la musique, son effet sur le stress a également été exploré chez eux.

### **1.1.1. Études chez l'homme**

Le stress ressenti par des personnes en contexte hospitalier avec ou sans musique douce a fait l'objet de nombreuses études depuis un demi-siècle. Des méta-analyses (Evans, 2002) ont montré que chez les personnes hospitalisées, la musique (musique classique, instrumentale, relaxante, sons de la nature, piano ou musique *New Age*) provoquait une diminution de la fréquence

respiratoire, mais n'avait pas d'effet significatif sur la fréquence cardiaque ou la pression sanguine systolique. Cependant une analyse des études récentes publiées de 2005 à 2011 et regroupées par Cole et LoBiondo-Wood (2014) mettent en évidence des effets significatifs de la musique sur le stress et la douleur en pré et post-opératoire dans de très nombreux contextes. La musique diminue la douleur ressentie avant et/ou après des chirurgies intestinales, des chirurgies de la hanche et du genou et des chirurgies cardiaques. Les patients subissant une neurochirurgie rapportent une diminution de l'anxiété, du stress, et une meilleure relaxation lorsqu'ils ont des sessions de 30 minutes de musique par jour avant et après l'opération, comparé aux patients qui n'en ont pas. La douleur cancéreuse des patients est diminuée après l'écoute de musique. Des études chez les femmes enceintes ont montré que l'écoute de musiques préalablement choisies diminuait la douleur et l'usage de morphine en post-opératoire de césarienne, mais pas la fréquence cardiaque et la pression systolique (Cole et LoBiondo-Wood, 2014).

L'effet de la musique a également été étudié lors d'interventions douloureuses ou désagréables. Selon les méta-analyses d'Evans (2002) elle ne réduit pas le stress des personnes lors de colonoscopies, de fibroscopies ou de chirurgies sous anesthésie régionale, mais les personnes écoutant de la musique utilisent moins de sédatifs et d'analgésiques que celles n'en écoutant pas pendant ces interventions, suggérant que la musique agirait comme une distraction. Ces mêmes méta-analyses ne montrent pas d'effet significatif de la musique sur la fréquence cardiaque et la pression sanguine systolique mais elles mettent en évidence une diminution de la fréquence respiratoire lors de ces interventions douloureuses ou désagréables. Les personnes subissant une intervention désagréable la jugeraient aussi plus tolérable lorsqu'elles écouterait de la musique.

Les méta-analyses de Cole et LoBiondo-Wood (2014) mettent également en évidence des effets bénéfiques de la musique lors d'interventions douloureuses ou désagréables très variées. Elle diminue significativement la fréquence cardiaque et respiratoire, l'anxiété et la dépression, mais pas la pression sanguine et la douleur chez des patients subissant des examens neuro-médicaux ou neuro-chirurgicaux. Les scores de douleur et d'anxiété de patients brûlés, lors du débridement des brûlures et de l'habillage, sont significativement plus bas lors d'écoute de la musique comparés aux mêmes procédures sans musique. Lors d'accouchement par voie basse, la musique diminue la douleur et l'anxiété pendant la phase de latence du travail, mais pas pendant la phase active du travail. Une méta-analyse sur 641 patients subissant une endoscopie gastro-intestinale a montré une diminution significative du stress chez les patients recevant une thérapie musicale par rapport aux

patients contrôles, ainsi qu'une diminution significative des doses d'analgésiques et de sédatifs nécessaires, respectivement de 30 % et de 15 % (Rudin *et al.*, 2007). Cependant les résultats sont parfois contradictoires : deux études sur des patients subissant une chirurgie d'angioplastie coronaire aboutissent à des résultats différents (Cole et LoBiondo-Wood, 2014). Dans une première étude sur 43 patients la diffusion de musique douce choisie par le patient diminue significativement sa fréquence cardiaque et respiratoire, sa saturation en oxygène, et son score de douleur pendant la chirurgie, alors qu'une seconde étude sur 238 patients avec un protocole différent ne révèle pas de modification significative de la sensation de confort, de la relaxation, de la douleur et des doses d'analgésiques et d'anxiolytiques. Il semble que l'impact de la musique sur les doses d'analgésiques et d'anxiolytiques soit dépendant du type d'intervention, et donc du niveau de douleur. Par exemple une méta-analyse sur 761 patients subissant une coloscopie n'a pas montré de différence de dose de sédatifs entre les patients entendant la musique et les patients contrôles, bien que les patients ayant écouté de la musique rapportent avoir vécu une meilleure expérience et étaient plus enclins à subir une nouvelle coloscopie (Bechtold *et al.*, 2009).

Chez l'homme, lors d'hospitalisation, la musique réduit donc le stress et améliore l'expérience vécue par les patients. Une réduction de la pression sanguine, de la fréquence cardiaque et de la fréquence respiratoire est observée dans certaines études. La musique est également un outil efficace pour diminuer le stress, la douleur, et dans certains cas les doses de sédatif et d'analgésique nécessaires lors d'interventions douloureuses ou désagréables (Rudin *et al.*, 2007 ; Moris et Linos, 2013). Ces conclusions s'appuient sur des méta-analyses impliquant un très grand nombre de patients, et apparaissent donc fiables. L'utilisation de musique est ainsi conseillée dans les hôpitaux comme thérapie complémentaire (Moris et Linos, 2013 ; Cole et LoBiondo-Wood, 2014).

### **1.1.2. Études chez les animaux**

Les études des effets de la musique sur les animaux ont d'abord eu pour but d'élucider les mécanismes cognitifs sous-jacents à l'écoute de la musique. Les animaux étaient des modèles pour l'homme, parmi lesquels les rats, souris, poules et primates. Puis les études se sont multipliées pour investiguer les effets de la musique sur le bien-être et la santé des animaux en captivité.

### 1.1.2.1. Des effets relaxants chez les animaux sauvages en captivité

Connaissant les effets bénéfiques de la musique sur l'homme, la musique a été proposée comme enrichissement pour les animaux sauvages en captivité.

Ainsi Wells et Irwin (2008) ont montré que des éléphants d'Asie en captivité passaient significativement moins de temps à exprimer des stéréotypies lorsqu'ils écoutaient de la musique classique par rapport à la situation contrôle sans musique. La musique semble être un enrichissement intéressant chez cette espèce. Williams *et al.* (2016) ont étudié l'effet de différents styles de musique sur le comportement de dix perroquets de six espèces différentes mais aux comportements et besoins éthologiques proches. Leurs résultats suggèrent que la musique pop et les bruits de conversations à la radio augmenteraient le stress des perroquets. La musique classique, les sons de la forêt tropicale et les vocalisations de perroquets n'ont pas d'effets significatifs sur le comportement de ces perroquets. Contrairement aux éléphants, pour les perroquets les musiques testées ne semblent pas être un enrichissement.

Chez les primates de nombreuses études ont été menées sur les effets potentiels de la musique sur leur comportement, avec des résultats variables.

Une étude sur 57 chimpanzés en captivité (Howell *et al.*, 2003) a révélé une diminution du stress (diminution de l'agitation, des agressions, des comportements d'exploration solitaire, augmentation des comportements sociaux et de relaxation) lors de diffusion de musique classique, country, ethnique, douce, et de vieilles chansons à succès. Ces effets étaient maximaux lors de périodes de forte activité de la colonie. En conséquence l'auteur conseille d'enrichir l'environnement des chimpanzés en captivité en installant un système de diffusion de musique en stéréo. En 2000, une autre étude chez des chimpanzés en captivité a montré une augmentation de leur activité lorsque des musiques avec un rythme élevé étaient passées, par rapport à des musiques plus lentes (Harvey *et al.*, 2000), indiquant une sensibilité au rythme. Chez des babouins en captivité, Brent et Weaver (1996) ont montré que leur fréquence cardiaque était significativement plus basse lors des périodes de diffusion de la musique (radio diffusant de vieilles chansons) comparées aux périodes sans musique. Chez le gorille, Wells *et al.* (2006) n'ont observé qu'une tendance : plus de comportements de relaxation et moins de comportements associés au stress chez les six gorilles étudiés lorsqu'ils entendaient de la musique classique ou des sons de la forêt tropicale humide (qui est leur milieu de vie naturel) par rapport aux périodes sans musique.

D'autres études chez les primates n'ont pas mis en évidence d'effet positif de la musique sur le stress des animaux. Hinds *et al.* (2007) ont exposé neuf singes verts africains en captivité à des morceaux de harpe et ils ont mesuré leur fréquence cardiaque, pression sanguine, fréquence respiratoire et température corporelle avant, pendant et après la musique. Aucune différence significative ne fut observée. Les auteurs suggèrent que les singes verts africains étant une espèce calme, le stress n'était pas assez important pour objectiver une réaction à la musique. De même chez le gibbon cendré, Wallace *et al.* (2013) n'ont pas mis en évidence d'effet significatif positif de la musique classique sur les comportements révélateurs de stress de huit gibbons en captivité. Au contraire les résultats suggèrent que la musique aurait augmenté le stress chez deux des individus, ceux-ci présentant significativement plus de comportement de toilettage, associé à un état mental de stress. Mais les auteurs soulignent qu'un facteur de confusion important n'a pas été pris en compte : la musique a pu augmenter le nombre de visiteurs devant l'enclos. McDermott et Hauser (2007) ont étudié les préférences de quatre ouistitis communs et de cinq tamarins à crête blanche entre des musiques à tempo rapide, des musiques à tempo lent, et le silence, et ils ont montré que ces primates préféraient les tempos lents aux tempos rapides, mais aussi qu'ils préféraient le silence à la musique à tempo lent. Snowdon et Teie (2009) expliquent cette préférence par un manque de pertinence des musiques humaines par rapport à l'environnement acoustique et à la communication vocale de ces primates. Ils ont mis en évidence que les tamarins étaient sensibles à des musiques intégrant des caractéristiques de vocalisations de leur espèce : leur niveau d'activité variait en fonction des caractéristiques intégrées. Par exemple leur activité diminuait lorsque la musique était créée à partir de vocalisations affiliatives.

Les résultats des effets de la musique sur le stress chez les primates sont donc inconstants d'une étude à l'autre. Le faible nombre d'individus inclus, les conditions expérimentales différentes et les caractéristiques variables des musiques ne permettent pas de généraliser sur ces effets. Cependant la seule étude sur un nombre important de primates, 57 chimpanzés (Howell *et al.*, 2003), montre une réduction significative du stress. Il semble donc que la musique douce ait un effet positif sur les primates, mais que ces effets soient à moduler selon les caractéristiques des espèces considérées. Ceci pourrait s'expliquer par une pertinence de la musique dépendante des caractéristiques de communication et de l'environnement acoustique naturel de l'espèce. Ces résultats ainsi que ceux sur les éléphants d'Asie sont en faveur de l'utilisation de musique douce comme enrichissement auditif pour les animaux en captivité (Patterson-Kane et Farnworth, 2006 ; Alworth et Buerkle, 2013).

#### 1.1.2.2. Des effets sur le stress psychologique et physiologique démontrés chez les rats, souris et poules, modèles pour l'homme

Les rats et les souris sont des modèles pour comprendre les mécanismes sous-jacents aux effets de la musique sur l'homme. Ainsi Sutoo et Akiyama (2004, 2011) utilisent des rats hypertendus pour étudier les mécanismes par lesquels la pression sanguine diminue lors d'écoute de morceaux de Mozart. Ce faisant, il a été démontré que la diffusion de musique classique entraînait une diminution du stress chez ces espèces. Patterson-Kane et Farnworth (2006) conseillent d'enrichir l'environnement du laboratoire avec de la musique douce diffusée à un volume sonore bas pour ces effets bénéfiques sur les animaux de laboratoire et les techniciens.

De même les poules sont un modèle pour l'homme pour l'étude de l'effet de la musique diffusée en prénatal ou aux juvéniles, sur la physiologie, la neuroanatomie, la plasticité cérébrale et la synthèse de protéines. Davila *et al.* (2011) ont élevé des poussins de poules pondeuses avec et sans musique jusqu'à l'âge de huit semaines, et ils ont mesuré leurs ratios hétérophiles sur lymphocytes, reflet du stress chez cette espèce. Ce ratio était significativement plus élevé chez les poussins élevés sans musique comparés à ceux élevés avec, indiquant un niveau de stress supérieur. Cependant dans une autre étude (Campo *et al.*, 2005) chez des poules pondeuses adultes exposées soit à un fond sonore bruyant soit à de la musique classique et à un fond sonore bruyant pendant trois jours, aucune différence significative de ce ratio ne fut observée, mais une augmentation significative du temps d'immobilité tonique fut mise en évidence, montrant davantage de peur chez les poules écoutant la musique classique. Cette différence de résultats peut s'expliquer par une différence de sensibilité à la musique et au stress selon l'âge des poules, et à des temps d'exposition à la musique différents. La musique aurait été perçue comme un stimulus nouveau pendant ces trois jours, et donc générateur de réactions d'alarme.

#### 1.1.2.3. Des effets bénéfiques de la musique classique sur le comportement des animaux de production

Chez les vaches, la musique augmenterait leur productivité. Les auteurs expliquent ce résultat par la diminution du stress (Evans, 1990, cité par Uetake *et al.*, 1997). D'autre part Uetake *et al.* (1997) ont montré que la musique country stimulerait l'approche volontaire des vaches à un robot de traite. Mais cet effet peut aussi être expliqué par la musique jouant le rôle de renforçateur secondaire, les vaches étant nourries dans la stalle du robot de traite.



Chez les porcs, Cloutier *et al.* (2000) ont observé si la musique méditative ou d'autres sons diminuaient la fréquence des vocalisations de porcelets lors de la castration et en post-sevrage, mais ils n'ont pas mis en évidence de résultats significatifs. En revanche De Jonge *et al.* (2008) ont montré que la musique classique favorise les comportements de jeu chez les porcelets après le sevrage.

Les études sur les effets de la musique chez les animaux de production restent anecdotiques mais il semble que la musique classique pourrait améliorer le bien-être des animaux d'élevage intensif, chez qui le non respect des besoins mentaux et physiques entraîne un stress important.

#### 1.1.2.4. Des effets variables selon le genre de musique chez les animaux de compagnie

Chez le chien, plusieurs études (Wells *et al.*, 2002 ; Kogan *et al.*, 2012) ont mis en évidence que la musique classique a un effet relaxant, et que la musique « *heavy metal* » est stressante et altère leur bien-être. Les chiens en refuge passent significativement plus de temps à se reposer et à dormir et moins de temps debout et à vocaliser lorsqu'ils entendent de la musique classique par rapport à l'écoute de musique de genres différents ou lors d'absence de musique. Ils passent plus de temps à aboyer et s'ébrouent plus lorsque de la musique « *heavy metal* » est diffusée par rapport aux autres types de musique ou au contrôle. Cet effet apaisant de la musique classique sur les chiens en refuge a été confirmé par Bowman *et al.* (2015), à la fois sur le comportement mais aussi sur les paramètres de la variabilité du rythme cardiaque.

La réponse comportementale des chiens à la musique semble varier selon son tempo et sa complexité (Leeds *et al.*, 2005). Les chiens se relaxeraient plus lorsqu'ils entendraient de la musique au piano avec un tempo lent (50-70 bpm) et des sons simples que lorsque la musique est plus rapide et avec des sons plus complexes. De même, une musique avec un tempo lent et des sons simples calmerait davantage les chiens avec des problèmes d'anxiété que des musiques classiques standards, même si les deux types de musique sont efficaces pour calmer les chiens (Leeds *et al.*, 2005). Ces résultats restent cependant à confirmer, cet article n'ayant pas été publié dans une revue scientifique à comité de lecture, et Kogan *et al.* (2012) n'observant aucun effet sur le comportement des chiens d'une musique avec un tempo lent et des sons simples (créée par Leeds et Wagner) dans leur étude.

Chez le chat l'effet de la musique sur le stress n'a pas fait l'objet d'étude. Cependant des musiques ont été spécialement conçues pour favoriser les comportements affiliatifs et le bien-être des chats. Ces musiques ont une gamme de fréquences de sons et un tempo utilisés dans la communication vocale des chats, et elles intègrent d'autres caractéristiques de cette communication (sons proches des ronronnements par exemple). Snowdon *et al.* (2015a) ont montré que les chats portaient davantage d'attention à ces musiques spécialement créées pour leur espèce qu'à des morceaux de musique classique, prouvant que les chats sont sensibles à la musique mais que la pertinence de la musique par rapport à la communication vocale de l'espèce doit être prise en compte.

Il est désormais établi que la musique douce permet de diminuer l'anxiété, le stress, les comportements agonistiques, et est un enrichissement auditif efficace chez certains animaux. Mais qu'en est-il chez le cheval ?

### **1.2. Cheval et musique : des effets positifs sur le bien-être**

Tout comme les animaux sauvages en captivité, les animaux de production ou les chiens en refuge, les conditions de vie des chevaux ne répondent souvent pas à leurs besoins mentaux et physiques, entraînant un stress et un mal-être important. Plusieurs études ont été menées pour déterminer si la musique pouvait améliorer le bien-être des chevaux en diminuant leur stress. Houpt *et al.* (2000) ont étudié l'effet de quatre genres de musique (country, classique, rock, jazz, et un groupe contrôle sans musique) sur le stress de neuf poneys, logés en paire, lorsqu'ils étaient séparés. Aucune différence significative de comportement n'a été enregistrée entre les différentes conditions. Carter et Greening (2012) ont réalisé une étude assez similaire : huit chevaux ont été exposés, dans leur écurie, aux mêmes genres de musique utilisées par Houpt *et al.* (2000), mais aucun événement stressant n'était provoqué. Leurs comportements ont été analysés. Il semble que la musique rock et jazz n'est pas de conséquence sur leur comportement, tandis que la musique classique et la musique country augmenteraient les comportements de repos, et seraient donc bénéfiques.

Wilson *et al.* (2011) ont étudié l'effet d'un morceau de musique classique sur le stress de douze jeunes chevaux sevrés, hébergés en écurie. Un étalon était placé dans une zone attenante deux jours sur les cinq d'expérimentation et jouait le rôle d'événement stressant. Les auteurs ont mis en évidence que les chevaux passaient significativement plus de temps debout au repos ou à manger

plutôt que debout alerte ou à marcher lorsque la musique classique était diffusée par rapport à la condition contrôle sans musique. De plus le pic de fréquence cardiaque était significativement plus bas et le temps de récupération cardiaque était significativement plus court lors de la présence de l'étalon quand la musique était diffusée. Cependant la variabilité de la fréquence cardiaque, la fréquence cardiaque et les comportements codés en fréquence n'ont pas varié significativement entre les conditions. Il semble donc qu'une musique douce ait un effet apaisant sur les jeunes chevaux à l'écurie, et que cet effet bénéfique soit aussi présent lors d'un évènement stressant.

La musique permettrait également d'améliorer le bien-être des chevaux sur le long terme en diminuant leur stress à l'écurie. Stachurska *et al.* (2015) ont étudié les performances et l'activité cardiaque de 70 chevaux pur sang arabes au cours de leur première saison de course. Les chevaux étaient divisés en deux groupes : un groupe contrôle sans musique et un groupe avec musique, pour lequel cinq heures par jour de musique « *New Age* » à la guitare était diffusée, pendant toute la saison des courses. Les résultats mettent en évidence une activité cardiaque parasympathique plus importante et une activité cardiaque sympathique plus faible chez les chevaux avec musique que chez les chevaux sans musique, objectivées par des modifications des paramètres de la variabilité cardiaque. Cette variation dans le rapport système nerveux sympathique / parasympathique révèle un état émotionnel plus positif chez les chevaux exposés à la musique dans leur écurie par rapport aux chevaux contrôles. Ces effets débutaient après un mois d'exposition et étaient marqués après deux et trois mois d'exposition. Mais ils diminuaient ensuite jusqu'à disparaître à la fin de la saison des courses. Les chevaux exposés à la musique ont présenté de meilleures performances aux courses sur l'ensemble de la saison. La musique a donc un effet positif sur le bien-être des chevaux lorsqu'ils y sont exposés sur le long terme, mais ces effets disparaissent après trois mois, probablement par une habitude à la musique. La musique pourrait même améliorer les performances sportives, mais ces résultats restent à confirmer, les facteurs de confusion potentiels étant nombreux.

Récemment, le développement d'un bonnet audio pour chevaux (créé par HorseCom®) a permis d'étudier l'effet de la musique diffusée directement au cheval sur son comportement lors d'évènements stressants. Ferard *et al.* (2014) ont diffusé de la musique classique douce (bande originale du film « *Forrest Gump* », par Alan Silvestri) à 30 chevaux au boxe puis lors d'un parcours en main où les chevaux devaient passer à proximité d'objets et de sons pouvant provoquer des réactions de peur. Ils ont remarqué que certains comportements associés à la peur et au stress

avaient tendance à être plus fréquents lors du parcours chez les chevaux n'entendant pas de musique par rapport à ceux en entendant. Ils n'ont pas observé de différence d'intervalle RR (paramètre cardiaque diminuant lorsque la fréquence cardiaque augmente) entre les groupes. Neveux *et al.* (2016) ont étudié l'effet de la musique classique douce dans deux situations anxiogènes pour les chevaux : un transport en camion et le ferrage par le maréchal-ferrant. Les 24 chevaux étaient testés dans trois conditions différentes : avec musique diffusée *via* le bonnet audio, avec des bouchons d'oreilles et le bonnet, et sans bonnet ni musique. Les auteurs ont observé une meilleure récupération cardiaque des chevaux entendant la musique par rapport aux chevaux des deux groupes contrôles suite à l'épisode de transport. Cependant l'analyse du comportement pendant le transport n'a pas révélé de différence de stress entre les chevaux des différentes conditions. Le protocole de maréchalerie n'a pas permis de mettre en évidence de différence tant de comportement que d'intervalle RR entre les chevaux des différentes conditions.

Chez le cheval, les études ont donc prouvé que la musique classique a des effets bénéfiques sur leur bien-être. Lorsqu'elle est diffusée dans les écuries, les comportements révélateurs de stress sont moins fréquents (Wilson *et al.*, 2011 ; Carter et Greening, 2012), et les chevaux sont moins stressés sur le long terme (Stachurska *et al.*, 2015). Lorsqu'elle est diffusée pendant un événement stressant les chevaux ont une meilleure récupération cardiaque post-exposition (Wilson *et al.*, 2011 ; Neveux *et al.*, 2016). Les études sur l'effet de la musique sur les chevaux restent encore peu nombreuses, et les résultats doivent être confirmés par de nouvelles études. Il est cependant avéré que la musique classique réduit le stress chez certaines espèces, telles que le chien, l'éléphant ou l'homme. Par quels mécanismes ce stimulus auditif agit-il sur la physiologie et la cognition ?

## **2. Les mécanismes d'action de l'effet de la musique sur le stress**

Bien qu'il n'existe pas de consensus sur l'effet de la musique sur le stress des animaux, certaines théories ont été développées et les mécanismes physiologiques ont été étudiés chez l'homme et ses modèles.

### **2.1. Les mécanismes cognitifs et physiologiques de la musique sur les émotions et le stress**

#### ***2.1.1. Le cerveau et la musique***

Kaplan (2009) émet l'hypothèse que la diminution du stress par la diffusion de musique s'expliquerait par le fait que la musique serait un enrichissement, et non par un processus cognitif spécifique à la musique. Une autre hypothèse exposée, suite à la mise en évidence des effets relaxants de la musique chez les personnes hospitalisées, est que la musique couvrirait les stimuli sonores désagréables de l'environnement (Krout, 2007). Cette hypothèse pourrait s'appliquer aux effets apaisants de la musique sur les animaux en captivité ou domestiques, chez lesquels l'environnement sonore anthropique est source d'un stress important. La musique pourrait également agir comme une distraction, focalisant l'attention, qui serait détournée des stimuli visuels, proprioceptifs et sonores (Krout, 2007). Cependant les résultats des études tendent à prouver que l'effet de la musique ne s'explique pas seulement par ces hypothèses, mais que la musique est à l'origine de processus cognitifs complexes, même chez les animaux non humains. Il est probable que les hypothèses exposées ci-dessus co-existent avec les mécanismes cognitifs.

Lorsqu'un stimulus sonore est intégré par le cerveau, et que ce stimulus devient conscient, l'influx nerveux est traité, entre autre, par le système limbique. Le système limbique est situé dans les lobes temporaux du cerveau. Il est impliqué dans les émotions, la motivation, le niveau d'attention et d'éveil mais aussi dans les mécanismes de la récompense et de la punition. Des études chez l'homme utilisant des techniques d'imagerie (imagerie par résonance magnétique fonctionnelle (IRMf) et tomographie par émission de positons (TEP)) ont permis de visualiser les

régions du cerveau activées par l'écoute de musique. Lors de l'écoute de musiques agréables le système limbique et les régions cérébrales régulant les réponses physiologiques et nerveuses de la récompense et des stimuli émotionnels sont activés (Blood et Zatorre, 2001 ; Menon et Levitin, 2005). Les animaux sont des êtres sensibles : il a été montré qu'ils ressentent des émotions. Il est donc probable qu'ils soient capables de ressentir des émotions induites par la musique.

Le système limbique inclut les principales structures associées aux émotions, entre autres l'hypothalamus, l'amygdale et l'hippocampe. L'amygdale est responsable des émotions et réactions comportementales en réponse aux stimuli perçus par l'individu comme important pour sa survie, en premier lieu la peur (de Lahunta, 2009). L'hippocampe est impliqué dans la mémoire. Associé à l'amygdale il est responsable de l'association d'un contexte à des émotions telles la peur ou l'anxiété. La musique pourrait moduler l'activation de ces structures cérébrales, et donc les réactions de peur et de stress.

Le circuit de la récompense, activé lors d'écoute de la musique chez l'homme, est associé à la libération de dopamine dans le cerveau (Menon et Levitin, 2005). Ce neurotransmetteur contrôle le niveau d'activité de plusieurs régions cérébrales. Bien qu'aucune étude n'ait utilisé l'IRMf ou le TEP pour caractériser l'activation cérébrale chez l'animal lors d'écoute de musique, des études sur des rats ont montré que les taux de dopamine dans leur cerveau augmentaient après l'écoute de musique, suggérant que chez les animaux aussi la musique activerait le circuit de la récompense et modifierait l'activité cérébrale (Alworth et Buerkle, 2013).

Pour Rickard (2004), la musique agirait sur le niveau d'éveil et d'attention. Ce niveau étant une des composantes des émotions, la musique agirait par cette voie sur les émotions. Ce mécanisme explicatif est une des hypothèses majeures de l'effet de la musique sur les performances cognitives, nommée l'hypothèse de l'éveil physiologique. Cette hypothèse postule que l'augmentation des performances cognitives est la conséquence d'une modification des émotions par la musique entraînant l'augmentation du niveau d'attention. A l'inverse, cette hypothèse pourrait également expliquer l'effet relaxant de la musique, par une baisse du niveau d'activité.

La musique pourrait donc générer des émotions et activer les mécanismes de la récompense *via* le système limbique, qui activerait le système nerveux autonome et l'hypothalamus par voie neuronale.

### **2.1.2. L'activation du système nerveux autonome par la musique**

Lors d'émotion ressentie suite à l'écoute de musique, le système nerveux autonome (SNA) est stimulé (Hodges, 1996). Cette réponse du SNA est notamment objectivée par des modifications de conductance de la peau chez l'homme (VanderArk et Ely, 1992 ; Khalifa *et al.*, 2002 ; Rickard, 2004). L'activation relative du système nerveux parasympathique (SNP) et sympathique (SNS) est modifiée : elle augmente pour le SNP et diminue pour le SNS. Cela est objectivable par la mesure de la variabilité de la fréquence cardiaque. Chez le cheval, Stachurska *et al.* (2015) ont montré que cette variabilité était modifiée par l'écoute de la musique sur le long terme.

La stimulation du SNA par la musique a des conséquences sur plusieurs paramètres physiologiques, elle diminue notamment la pression sanguine et la fréquence cardiaque. Les expériences chez les animaux sur l'effet de la musique sur la pression sanguine sont peu nombreuses et parfois contradictoires. S'il est certain que la stimulation du système limbique peut modifier l'activité du SNA et donc la pression sanguine et la fréquence cardiaque, les mécanismes associés à l'écoute de la musique restent hypothétiques. Sutoo et Akiyama (2004) observèrent une diminution significative de la pression sanguine systolique chez des rats spontanément hypertendus, objectivable après une demi-heure d'écoute d'un morceau de Mozart et jusqu'à deux heures après la fin de la diffusion. Ils explorèrent les mécanismes à l'origine de cette baisse. Ils objectivèrent que le calcium dans le sérum des rats augmentait de 5-6 % dans le quart d'heure suivant le début de la diffusion de la musique, et restait augmenté jusqu'à la fin de cette diffusion. Le taux de dopamine dans le néostriatum latéral du cerveau des rats exposés augmentait également. Le mécanisme proposé par les auteurs est que le calcium augmente la synthèse de dopamine dans le cerveau par un système dépendant en calmoduline. La libération de dopamine provoque l'inhibition de l'activité sympathique par action sur les récepteurs D2, expliquant la diminution de la pression sanguine.

### **2.1.3. L'inhibition de l'axe hypothalamo-hypophyso-surrénalien par la musique**

La musique a également une action sur les hormones. Hu *et al.* (2007) ont étudié l'effet de différents enrichissements sonores sur le stress de souris après qu'elles aient été soumises à des épisodes de contention répétés. Les souris exposées à une musique de type « sérénade » ont présenté des taux d'hormone corticotrope (ACTH) et de noradrénaline significativement moins élevés que les souris n'ayant eu aucun enrichissement sonore. Un second groupe, exposé à une musique de type « marche », n'a présenté aucune différence significative avec le groupe témoin. Il semble donc qu'une musique calme inhibe l'axe hypothalamo-hypophyso-surrénalien, reflétant une diminution du stress physiologique, ce qui n'est pas le cas avec une musique énergique.

En agissant sur le stress la musique agit également sur ses conséquences. La diminution de l'immunosuppression par l'écoute de la musique a été objectivée. Núñez *et al.* (2002) ont soumis des souris injectées avec des cellules tumorales à l'une des quatre conditions suivantes : une alarme d'incendie la nuit constituant un stress sonore, cinq heures de musique classique le matin, l'alarme incendie suivie de la musique classique, ou aucun stimulus sonore (témoin). Les souris soumises au stress sonore présentèrent une diminution significative de l'immunité comparée au groupe témoin. De plus ces souris présentèrent un taux plasmatique d'ACTH significativement plus élevé que les souris témoins. Les souris ayant été exposées aux deux stimuli sonores présentèrent une meilleure immunité et un taux plasmatique d'ACTH significativement plus bas que celles soumises uniquement au stress sonore. Le développement des métastases pulmonaires chez les souris soumises au stress sonore et à la musique était moins important que chez les souris soumises au stress sonore seul. La musique diminue donc l'effet supprimeur du stress sur le système immunitaire chez ces souris et permet, par cet effet, d'inhiber la propagation de cellules cancéreuses. Lors d'un stress aigu, l'écoute de la musique est donc bénéfique au système immunitaire.

Cependant ces effets positifs de la musique sur les conséquences physiologiques du stress sur le long terme doivent être relativisés au vu des résultats des études sur l'effet de la musique sur la concentration plasmatique et salivaire de cortisol chez les animaux. En effet, ces conséquences physiologiques sont dues aux variations de concentration du cortisol. Or les résultats de ces études sont contradictoires et dans une majorité d'études aucune augmentation significative du cortisol n'a été mesurée. Les multiples facteurs de variation de la cortisolémie expliquent qu'il soit difficile



d'isoler l'effet d'un facteur unique. De nouvelles études sont nécessaires pour évaluer l'effet de la musique sur les conséquences physiologiques du stress sur le long terme.

## **2.2. Des effets dépendants de plusieurs facteurs**

### ***2.2.1. Les caractéristiques des composantes de la musique : des facteurs indivisibles ?***

La musique est un stimulus multidimensionnel, que l'on peut découper en de nombreuses composantes : tempo, mode (majeur/mineur), mélodie, harmonie, timbre, grain, dynamique, etc. Selon les caractéristiques de ces composantes, les émotions provoquées par une musique ne vont pas être les mêmes. L'étude de l'effet de chaque composante sur la cognition est cependant complexe, leur manipulation faisant perdre sa « musicalité » à la musique. Le tempo serait par exemple associé à une augmentation de l'attention, et le mode à l'état d'esprit et à l'humeur (Rickard *et al.*, 2005). Bresin et Friberg (2011) définissent, pour plusieurs composantes de la musique, les variations qui la font percevoir à des humains comme triste, calme, joyeuse, neutre ou effrayante. Les émotions provoquées par les différents genres musicaux ont également été étudiées : par exemple McCraty *et al.* (1998) ont montré chez 144 personnes que la musique rock augmentait l'agressivité, la tension, la tristesse et la fatigue et diminuait la relaxation, la clarté mentale et la vivacité, tandis qu'une musique relaxante créée par un concepteur de musique avait l'effet inverse. Les musiques « *New Age* » et classique avaient des effets intermédiaires. Ces études ont permis de définir les caractéristiques des composantes de la musique associées à la relaxation chez l'homme. Krout (2007) les résume :

- un tempo lent et constant,
- un niveau sonore bas,
- l'absence de percussion ou d'accentuation du rythme,
- une dynamique douce,
- un grain constant,
- un timbre doux,
- une mélodie legato,
- des harmonies simples.

Ces caractéristiques sont présentes dans de nombreux morceaux de musique classique, mais moins fréquentes dans les autres genres musicaux.

Chez les animaux l'influence de chacune de ces composantes est peu connue. Videan *et al.* (2007) ont montré que la fréquence des comportements affiliatifs et agonistiques des chimpanzés était différemment modifiée par des musiques instrumentales, ou vocales, par rapport à l'absence de musique, mais ils n'ont pas étudié la différence de comportements entre ces deux types de musique. Chez le rat, Lemmer (2008) a montré que la musique de Ligeti augmentait la pression sanguine tandis que la musique de Mozart diminuait la fréquence cardiaque par rapport aux témoins sans musique. Au sein d'un même genre de musique des morceaux aux caractéristiques musicales différentes peuvent donc engendrer des effets différents sur le stress des animaux.

Bien que l'influence des différentes composantes de la musique sur le stress des animaux ait fait l'objet de peu d'études, l'influence du genre musical est mieux connue. Il semble que comme chez l'homme, la musique classique soit plus relaxante que la musique rock, jazz, et « *heavy metal* » chez les animaux. La musique « *heavy metal* » aurait des effets néfastes sur le bien-être des animaux (Wells *et al.*, 2002 ; Carter et Greening, 2012 ; Kogan *et al.*, 2012).

Le choix de la musique est donc fondamental lors de la création d'un protocole expérimental, car il conditionne les résultats. L'étude de Akiyama et Sutoo (2011) sur l'effet de la musique sur la régulation de la pression sanguine des rats illustre la difficulté et l'importance de ce choix. Dans leur étude préliminaire, ils ont testé plus de 100 morceaux de musique classique afin de déterminer lequel produisait les résultats les plus significatifs. Ce fut l'Adagio de Mozart du Divertimento n°7, K.205 qui fut sélectionné.

C'est probablement une trop grande variabilité dans les choix de musique qui a entraîné des contradictions dans les résultats des études. Une absence d'effet de la musique dans une étude ne doit pas amener à la conclusion que la musique n'a pas d'effet sur l'espèce étudiée, mais la pertinence de la musique doit être discutée (Mc Dermott et Hauser, 2007 ; Kaplan, 2009 ; Snowdon *et al.*, 2015b). Cette pertinence dépend des caractéristiques de la musique au regard des facteurs extra-musicaux que sont les caractéristiques de l'espèce et des individus.

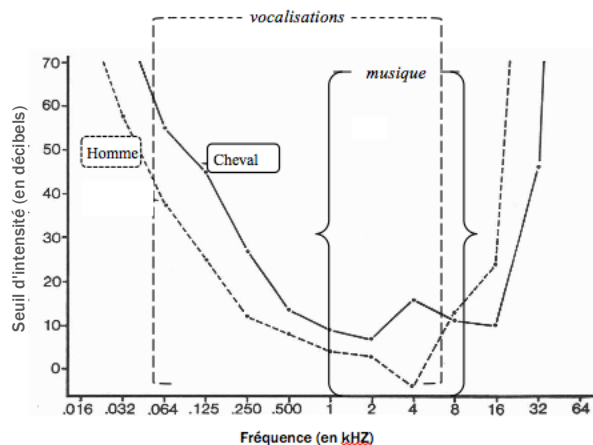
## 2.2.2. Les facteurs extra-musicaux

### 2.2.2.1. Les caractéristiques de l'espèce

L'effet de la musique est dépendant des capacités auditives de l'espèce. Le concept de l'Umwelt (Uexküll et Kriszat, 1934) s'applique à l'environnement sonore du cheval. La perception des sons par le cheval est assez proche de celle de l'homme. Heffner et Heffner (1983) ont déterminé l'audiogramme du cheval (figure 1). Ils le précisent en 1998 : le cheval entend les sons entre 55 Hz et 33 500 Hz et sa meilleure sensibilité est à une fréquence de 2 000 Hz avec une intensité sonore de 7 dB, tandis que l'homme perçoit les sons entre 31 et 17 600 Hz et sa meilleure sensibilité est à une fréquence de 4 000 Hz avec une intensité sonore de -10 dB (Heffner, 1998). Lorsque nous diffusons de la musique au cheval, celui-ci a donc une expérience musicale différente de la notre, bien que proche. Il entend des sons de hautes fréquences que l'homme ne perçoit pas, et inversement pour les sons de basses fréquences (Saslow, 2002).

Figure 1 : Audiogrammes du cheval et de l'homme associés à la représentation de l'intervalle de fréquence de communication vocale du cheval et de l'intervalle de fréquence utilisé en musique.

Modifié d'après Heffner et Heffner (1983).



Courbe en trait plein : audiogramme du cheval,

Courbe en pointillé : audiogramme de l'homme,

Parenthèses en pointillés : intervalle de fréquences de la communication vocale des chevaux,

Accolades en trait plein : intervalle de fréquences utilisé dans la majorité des musiques « humaines ».

L'effet de la musique est également dépendant de la sensibilité auditive de l'espèce, c'est à dire sa capacité à distinguer les notes de musique et à reconnaître des mélodies même si elles sont transposées dans des octaves différentes, ainsi que de sa mémoire auditive (Kaplan, 2009). Aucune étude n'existe chez le cheval sur ces caractéristiques.

Certains chercheurs (Kaplan, 2009 ; Snowdon *et al.*, 2015b) considèrent que l'intervalle de fréquence de la musique doit se situer dans les fréquences de communication de l'espèce considérée pour avoir un effet sur sa cognition. Snowdon *et al.* (2015b) et Kaplan (2009) font également l'hypothèse que pour qu'une musique soit pertinente pour une espèce, celle-ci doit s'inspirer de la structure et des rythmes des vocalisations de l'espèce étudiée. Cela est d'autant plus vrai que l'espèce considérée a un répertoire vocal étendu, comme chez les primates. Ainsi Snowdon et Teie (2009) ont montré que le niveau d'activité des tamarins variait lorsqu'ils entendaient des musiques intégrant des caractéristiques des vocalisations de leur espèce, alors que McDermott et Hauser (2007) avaient conclu de leur étude que les tamarins n'étaient pas sensibles à la musique car ils préféraient le silence à un morceau de musique classique et à des berceuses. De même Snowdon *et al.* (2015a) ont étudié l'effet sur le comportement des chats de musiques spécialement composées pour favoriser les comportements affiliatifs et leur bien-être. Ces musiques intègrent des rythmes et des fréquences inspirés du répertoire vocal des chats et qui sont associés à l'apaisement, tels les ronronnements. Les chats portaient plus d'attention à ces musiques qu'à la musique classique.

Chez les chevaux, la communication est principalement non vocale, cette espèce étant une proie. Mais leur répertoire vocal est développé. L'intervalle de fréquences utilisé est situé entre 50 et 6 000 Hz (Yeon, 2012 ; Alberghina *et al.*, 2014), comme représenté sur la figure 1. La musique « humaine » est principalement située dans l'intervalle de fréquences de 1 000 à 8 000 Hz (Kaplan, 2009) (figure 1). Elle inclut donc la majeure partie de la zone de sensibilité auditive maximale du cheval et correspond aux fréquences hautes du répertoire vocal des chevaux. L'utilisation de musiques composées pour l'homme chez le cheval est donc pertinente selon cette théorie, même si elle n'utilise qu'une partie des fréquences utilisées dans la communication. Cependant les vocalisations du cheval se caractérisent par des fréquences, des amplitudes et des phases d'introduction spécifiques, associées à des états émotionnels distincts. Créer des musiques en intégrant les caractéristiques des vocalisations à valence émotionnelle positive serait idéal dans le but d'avoir un effet relaxant maximal de la musique, mais cela n'existe pas à ce jour.

L'environnement sonore naturel de l'espèce étudié, c'est à dire la biophonie et la géophonie du milieu de vie naturel de l'espèce, devrait également être pris en compte dans le choix ou la réalisation d'une musique relaxante, par exemple en intégrant des sons de la géophonie.

Le rythme de la musique influence le niveau d'éveil des individus, comme exposé dans la partie précédente. Selon Kaplan (2009), une musique aura un effet d'autant plus apaisant que son rythme sera proche de celui de la fréquence cardiaque au repos de l'espèce considérée, et que les fréquences seront basses. Une musique avec pour rythme 62 bpm est perçue comme apaisante par l'homme, qui a une fréquence cardiaque au repos de  $70 \pm 10$  bpm. Mais il est probable que cet effet soit moindre pour les chevaux, chez qui la fréquence cardiaque moyenne est de  $36 \pm 8$  bpm. Une musique avec un rythme lent, vers 40 bpm serait donc idéale pour agir sur le stress des chevaux, mais des musiques avec un tel rythme n'existent pas.

En résumé une musique serait donc idéalement pertinente pour diminuer le stress d'une espèce si :

- son intervalle de fréquences serait compris dans les fréquences audibles et de sensibilité élevée pour l'espèce considérée,
- son rythme serait proche de la fréquence cardiaque de l'animal au repos,
- elle inclurait des vocalisations à but de communication apaisante spécifiques de l'espèce,
- la biophonie et la géophonie de son milieu de vie naturel seraient prises en compte.

#### 2.2.2.2. Les facteurs individuels

Ces facteurs sont multiples, difficilement contrôlables lors d'étude chez l'homme, mais peu variables chez les animaux. Ils correspondent aux expériences musicales passées des individus (pouvant créer une association entre la musique et son contexte, et donc l'émotion), à leur personnalité, à leur humeur lors des tests et à leur familiarité avec la musique diffusée. Ces paramètres conditionnent les émotions ressenties, la fatigue et la tension (McCarty *et al.*, 1998 ; Huang et Wu, 2007). Des patients en salle d'attente avant une radiothérapie se sentaient relaxés lorsqu'une musique relaxante qu'ils aimaient était diffusée, tandis que des effets négatifs étaient observés lorsqu'une musique relaxante qu'ils n'appréciaient pas était diffusée (Cooper et Foster, 2008). Des préférences musicales claires étaient donc observées. En conséquence, dans toutes les études récentes sur l'effet de la musique sur le stress et la douleur en contexte hospitalier, les

patients pouvaient choisir la musique qu'ils allaient entendre parmi une sélection de musique douce (Cole et LoBiondo-Wood, 2014).

Les chevaux sont mis en présence de musique dans différents contextes : de nombreux centres équestres ont des radios allumées dans leurs écuries, certains propriétaires entraînent leurs chevaux en musique, et enfin en concours hippique de la musique est diffusée entre le passage des différents participants, voire pendant l'épreuve (épreuve de dressage où différentes figures doivent être réalisées sur une musique choisie par le cavalier ; discipline du *pony-games* consistant en des jeux d'adresse et de rapidité en équipe, toujours accompagnée de musique dynamique, etc.). Des associations peuvent donc être faites entre les genres de musique et les situations : par exemple la musique diffusée en concours et le stress engendré par l'épreuve. Ces éléments doivent être pris en compte lors d'utilisation de la musique dans un but de relaxation, et donc lors d'études scientifiques sur ce sujet.

L'influence de la personnalité sur la perception de la musique a été étudiée chez l'homme. Dans deux études, lors d'exercices de mémorisation, les personnes introverties mémorisaient mieux en l'absence de musique (musique populaire dans la première étude et musique rock dans la seconde) qu'avec la musique, à l'opposé des personnes extraverties (Crawford et Strapp, 1994 ; Furnham et Allass, 1999). Ces résultats sont cohérents avec la théorie d'Eysenck (Eysenck, 1976) selon laquelle les personnes extraverties ont un niveau d'activation corticale basale plus bas que les personnes introverties. Elles recherchent donc plus de stimulations pour avoir des performances optimales. Rickard *et al.* (2005) recommandent donc de différencier les individus selon leur personnalité dans les études sur l'effet de la musique sur la cognition. Bien que ces études n'ont pas pour objet l'effet de la musique sur le stress selon la personnalité, un effet différentiel de la musique sur les individus selon leur personnalité est certain, et il paraît plus prudent de tenir compte de ce facteur lors d'études dans ce domaine.

La musique classique a donc des effets apaisants sur l'homme mais aussi sur les animaux en captivité, les animaux de laboratoire, de production et de compagnie. Elle diminuerait le stress, les comportements agonistiques et augmenterait les comportements affiliatifs en générant des émotions positives *via* le système limbique. Ces émotions diminueraient le stress physiologique et activerait les circuits de la récompense. Les caractéristiques de la musique, mais aussi de l'espèce étudiée et

des individus moduleraient l'impact de la musique sur la cognition et donc sur le stress. La musique pourrait être un outil efficace, peu onéreux, et adaptable à de nombreuses situations, pour améliorer le bien-être des animaux. Chez les chevaux, l'utilisation de la musique serait particulièrement intéressante compte tenu du mode de vie auquel l'homme les soumet.

### **3. Pourquoi et avec quels outils étudier les effets de la musique sur le stress des chevaux ? Application à notre étude.**

#### **3.1. L'importance de la gestion du stress infligé aux chevaux**

##### ***3.1.1. Le stress et ses conséquences***

Le stress se définit par la réponse d'un organisme à des contraintes de son environnement, telles que des situations qui demandent ou peuvent demander à l'individu de se battre ou de fuir, et de s'adapter à des conditions environnementales ou à des contraintes psychologiques (König von Borstel *et al.*, 2017). Dans cette thèse nous nous intéresserons uniquement au stress défini comme la réponse d'un individu à des contraintes psychologiques, et non physiologiques (températures extrêmes, etc.). Le stress est le résultat de l'intégration des stimuli par des structures corticales et sous-corticales dont le système limbique, envoyant des influx nerveux qui activent l'axe hypothalamus - hypophyse antérieure - surrénales et le système nerveux autonome, aboutissant en une réponse comportementale et physiologique (Squires, 2003 ; Thoma *et al.*, 2013). L'activation du système nerveux sympathique provoque l'augmentation du rythme cardiaque, de la pression sanguine, de la sécrétion de catécholamines (adrénaline et noradrénaline) et diminue l'activité gastro-intestinale (Squires, 2003). Sur le long terme, les effets du stress sont néfastes pour l'organisme. La sécrétion de cortisol et de corticostérone par activation de l'axe corticotrope provoque un catabolisme protéique, une diminution de la croissance des jeunes animaux et une perte de poids des animaux adultes (König von Borstel *et al.*, 2017), une immunosuppression (Dhabhar, 2008) et des effets anti-inflammatoires. D'autre part l'augmentation des glucocorticoïdes peut également provoquer l'apparition d'ulcères gastriques et une baisse des performances en reproduction chez les chevaux (Squires, 2003). Cette réponse des chevaux à un événement stressant est variable selon les individus et dépend de la personnalité du cheval (König von Borstel, 2013).

D'autre part le stress compromet le bien-être animal lorsque l'individu ne peut plus, ou pas, s'adapter aux contraintes psychologiques de son environnement. Des comportements d'anxiété et des stéréotypies peuvent alors apparaître.

Les situations de stress doivent donc être évitées pour ne pas compromettre le bien-être du cheval. L'homme contrôlant une part importante de l'environnement des chevaux, il est de sa responsabilité d'aménager cet environnement pour maximiser leur bien-être. Il doit identifier les environnements perçus comme stressants par le cheval et les modifier.

### **3.1.2. Le stress engendré par les manipulations des vétérinaires, y compris chez les chevaux sédatisés**

Le stress, physiologique et psychologique, a été étudié chez le cheval dans des contextes d'interventions vétérinaires ponctuelles douloureuses (Schönbom *et al.*, 2015, Diego *et al.*, 2016), mais, à notre connaissance, jamais dans un contexte de manipulations vétérinaires non douloureuses.

Il semble pourtant que certaines manipulations vétérinaires non douloureuses soient stressantes pour le cheval. Les examens radiographiques en clinique vétérinaire en sont un exemple. L'environnement visuel et sonore inhabituel, le matériel de radiographie volumineux, les manipulations du cheval, l'environnement confiné, sont autant d'éléments créant un stress chez le cheval. Pour faciliter les manipulations et garder le cheval immobile, une contention chimique est souvent nécessaire. Nous pouvons alors nous demander si cette sédation diminue le stress ressenti par le cheval ou si son expression seule est diminuée.

Les sédations sont réalisées avec une molécule de la famille des  $\alpha 2$ -agonistes (détomidine généralement, spécialité Detogesic® par exemple), souvent combinée à une molécule de la famille des morphiniques, tel le butorphanol (Torbugesic® par exemple). Elle potentialise l'effet de l' $\alpha 2$ -agoniste. La sédation entraîne une diminution de la conscience et une analgésie. Le cheval sédaté baisse sa tête, peut être ataxique, et devient moins réactif aux bruits et autres stimulations externes (Clarke et Paton, 1988 ; Lamont et Martinez, 2006 ; Mama *et al.*, 2009).



Des électroencéphalogrammes réalisés sur des chevaux sains (Williams *et al.*, 2012), sédatisés avec 30 µg/kg de détomidine, ont permis de déterminer le pourcentage de temps moyen passé dans chaque état de vigilance chez le cheval sédatisé avec une forte dose d' $\alpha 2$ -agoniste : 25 % du temps dans un état d'éveil, 27 % dans un état de somnolence, 48 % dans un état de sommeil léger et 0 % dans un état de sommeil paradoxal, tandis qu'un cheval non sédatisé, dans les mêmes conditions, passe 63 % du temps dans un état d'éveil, 15 % dans un état de somnolence, 20 % du temps dans un état de sommeil léger et 2 % dans un état de sommeil paradoxal. Les états de vigilance induits par le butorphanol ont également été déterminés, mais ils ne sont pas représentatifs de l'effet du butorphanol associé à la détomidine. Le butorphanol injecté seul peut provoquer des états d'excitation, alors qu'associé à la détomidine il a un effet synergique. Les états de vigilance observés pour le butorphanol, à la dose de 50 µg/kg, étaient : 97 % du temps dans un état d'éveil, 2% dans un état de somnolence, 1 % dans un état de sommeil léger et 0 % dans un état de sommeil paradoxal. Les auteurs soulignent que les chevaux restent réactifs aux stimuli auditifs, visuels et tactiles tout au long de la sédation, ces stimuli provoquant parfois des changements soudains dans l'état de conscience (Williams *et al.*, 2012). La sédation, bien qu'elle entraîne un état de sommeil léger artificiel, ne semble donc pas inhiber l'intégration des stimuli extérieurs, et donc le stress.

D'autre part, lors des radiographies effectuées en clinique, il semble que les chevaux, même sédatisés, expriment des comportements de stress, notamment par leur expression faciale (observation personnelle). Le placement des chevaux pour les radiographies est plus ou moins aisé selon les individus, qui résistent parfois aux manipulations. Il semble donc que les chevaux ressentent un stress lors des manipulations vétérinaires, même lorsqu'un état de sommeil léger est induit par une sédation. La musique pourrait être un outil intéressant pour diminuer ce stress.

### **3.2. Des outils pour mesurer les effets de la musique sur le stress des chevaux**

#### ***3.2.1 Diffuser la musique aux chevaux mais non aux manipulateurs : le casque audio***

Pour mesurer l'effet de la musique sur un seul sujet lorsque plusieurs individus sont en présence, il est nécessaire que ce sujet soit le seul à entendre la musique. Dans l'expérience

présentée dans cette thèse, des vétérinaires manipulent des chevaux lors de radiographies. Si des musiques sont diffusées dans la salle de radiographie, les variations du stress des chevaux pourront être la conséquence de plusieurs facteurs : l'effet direct de la musique sur le cheval, ce qui nous intéresse ici, mais aussi l'effet de la musique sur le manipulateur, ou le fait que le manipulateur sache si le cheval entend de la musique ou non. La musique diminue le stress de l'homme (*cf.* partie 1.1.1. Études chez l'homme), et peut donc modifier son comportement envers l'animal, diminuant ou augmentant son stress. Pour mesurer uniquement l'effet de la musique sur le cheval il est donc nécessaire qu'il soit le seul à entendre la musique. L'utilisation d'un bonnet audio pour chevaux le permet. Il s'agit d'un bonnet d'oreilles en tissu auquel a été fixé des écouteurs et une pochette située entre les deux oreilles contenant un boîtier *bluetooth*, développé par la société HorseCom®. Les bonnets d'oreilles simples (sans électronique) sont couramment utilisés par les cavaliers sur leurs chevaux, si bien que la majorité des chevaux y sont habitués. Le bonnet audio est donc bien toléré par les chevaux (Ferard *et al.*, 2014, 2015).

### **3.2.2. Les paramètres comportementaux**

Un état de stress provoque des modifications comportementales. Relever et mesurer le comportement permet une évaluation précise du stress. Lorsque des animaux sont sédatisés, une relaxation musculaire est observée. Les animaux sédatisés expriment donc en intensité et en nombre moins de comportements que lorsqu'ils sont vigiles. Mesurer le stress de chevaux sédatisés nécessite d'adapter les paramètres comportementaux usuels à cet état. A notre connaissance, aucune étude ne s'intéresse au stress de chevaux sédatisés en l'absence de douleur, que ce soit en tant que finalité ou en tant qu'outil. Nous avons donc adapté les échelles de comportement de stress et de douleur existantes pour répondre aux contraintes de notre étude.

#### 3.2.2.1. Adaptation des échelles de douleur basées sur l'expression faciale

Des échelles d'expressions faciales standardisées ont récemment été développées chez les chevaux pour mesurer la douleur ressentie. Elles constituent une méthode efficace, ne nécessitant aucun matériel spécifique, et l'entraînement nécessaire à leur utilisation standardisée est rapide. Costa *et al.* (2014, 2016) ont publié la première échelle chez le cheval, nommée l'HGS : *Horse Grimace Scale*. Elle a été développée par l'observation de chevaux en post-opératoire de castration ainsi que des chevaux en phase aigüe de fourbure. Leur échelle est constituée de six unités d'actions

faciales. A chacune de ces unités est attribué un score : 0 si non présente, 1 si modérément présente et 2 si manifestement présente. Un score sur 12 est obtenu. Les six unités d'action faciale sont :

- les oreilles en arrière et raides,
- l'ouverture de l'œil resserrée,
- la tension de la région située au-dessus de l'œil,
- les muscles de la mastication proéminents et tendus,
- la bouche tendue et le menton prononcé,
- les naseaux tendus et le profil des naseaux aplati.

L'HGS avec les descriptions des unités d'actions faciales et les scores illustrés est disponible en annexe 1.

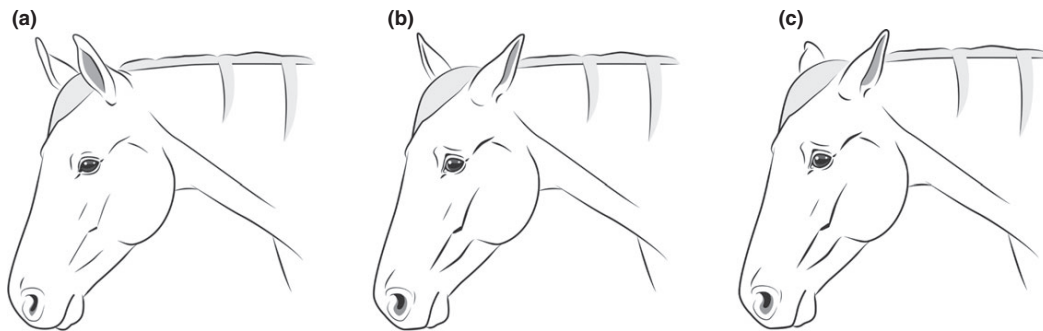
Gleerup *et al.* (2015) ont décrit avec une grande précision les différentes composantes de l'expression faciale de la douleur chez le cheval avec l'EPF (*Equine Pain Face*). Ils ont induit une douleur aux chevaux par application cutanée d'une crème irritante pour un premier groupe et par compression à l'aide d'un garrot pneumatique dans le second. L'expression faciale des chevaux a été comparée à celle de chevaux témoins, non algiques. Six composantes ont été identifiées, qui viennent préciser celles de l'HGS :

- les oreilles basses / asymétriques : elles sont tournées vers l'extérieur, asymétriques ou vers l'arrière, et écartées l'une de l'autre par rapport à l'axe central ;
- l'œil anguleux : la paupière a un angle caractéristique, provoqué par la contraction des muscles situés au-dessus de l'œil. Cela peut entraîner l'exposition de la sclère de l'œil ;
- le regard fixe et intense : le regard est « tourné vers l'intérieur » ;
- les naseaux de forme carrée : les naseaux sont étirés en direction medio-latérale, principalement sous l'effet de la contraction de l'aile médiale du naseau, plus visible à l'inspiration ;
- la tension du nez : le tonus des lèvres et la tension du menton sont augmentés donnant une forme en « V » au nez ;
- la tension des muscles responsables des mimiques : tension des muscles visibles sur le profil de la face.

Le changement d'expression faciale associé à la douleur est illustré par la figure 2.

Figure 2 : Expressions faciales du cheval algique et non algique.

Illustration de Andrea Klintbjer pour Glerup et al. (2015).



(a) Expression faciale du cheval non algique, détendu et attentif.

(b) Expression faciale du cheval algique, avec toutes les composantes représentées dont les oreilles asymétriques.

(c) Expression faciale du cheval algique, avec toutes les composantes représentées dont les oreilles basses.

La description de ces composantes de l'expression faciale peuvent et seront probablement précisées dans les années à venir grâce à la publication de l'EquiFACS : *Equine Facial Action Coding System*, par Wathan *et al.* (2015). Ces chercheurs ont listé tous les mouvements faciaux que les chevaux peuvent produire, et les ont décomposés en unité correspondant à l'action d'un muscle facial ou d'un groupe de muscles. Ce système est un outil extrêmement précis pour décrire les expressions faciales. Il est libre d'accès et les mouvements sont illustrés par des vidéos.

D'autres échelles existent et ont été développées dans des contextes différents. L'Université Vétérinaire d'Utrecht a développé sa propre échelle, l'EQUUS-FAP : *Equine Utrecht University Scale for Facial Assessment of Pain* (Sas *et al.*, 2014 ; Van Loon et Van Dierendonck, 2015 ; Van Dierendonck et Van Loon, 2016). Les chevaux ont été observés lors de coliques aiguës. Leur échelle comprend neuf items notés de 0 à 2. Elle intègre notamment :

- l'ouverture de l'œil et la visibilité de la sclère, qui augmente avec la douleur. C'est en contradiction avec l'HGS, où une fermeture de la paupière est observée lors de douleur, tandis que dans l'EPF aucune variation de l'ouverture de l'œil n'est rapportée. L'hypothèse la plus pertinente est qu'en cas de douleur sur-aigüe, comme pour l'EQUUS-FAP, l'ouverture de l'œil augmente, alors que lors

d'une douleur chronique, comme pour l'HGS, l'œil se ferme partiellement. La douleur provoquée lors des observations ayant abouti à l'EPF ne serait pas assez importante pour qu'une augmentation de l'ouverture de l'œil soit visible ;

- l'ouverture des naseaux,
- la tension des lèvres et de la commissure des lèvres,
- les fasciculations des muscles de la face,
- la position des oreilles et leur orientation vers les stimuli.

L'EQUUS-FAP a une sensibilité de 87,5 % et une spécificité de 88,0 %. Des différences significatives de scores ont également été observées entre les chevaux ayant reçu un traitement conservateur et les chevaux ayant été traités chirurgicalement. Les coliques chirurgicales étant plus douloureuses que les coliques pouvant être traitées médicalement, il semble que l'EQUUS-FAP soit un outil fiable pour quantifier la douleur aiguë du cheval. Aucune différence de score n'a été observée entre les chevaux de race dite de « sang chaud » et les chevaux de race dite de « sang froid », ni entre les chevaux de catégories d'âge différentes ni entre les juments et les hongres. Les différents paramètres de l'EQUUS-FAP permettent d'intégrer les éventuelles différences d'expressions faciales pour des douleurs similaires qu'il pourrait y avoir entre ces chevaux.

L'expression faciale du cheval douloureux a donc été décrite avec précision grâce aux recherches récentes. Cependant aucune étude n'a été réalisée sur l'expression faciale du stress chez les chevaux. Nous ne savons pas si les expressions faciales décrites ci-dessus sont spécifiques de la douleur ou si elles sont exprimées lors d'émotions négatives, que ce soit de la douleur ou du stress. Nous avons réalisé des observations de chevaux en situation stressante avant le début de nos expériences, et certaines composantes de l'expression faciale de la douleur ont été observées. Il semble donc qu'une partie des composantes de l'expression faciale soit commune au stress et à la douleur. Observer ces composantes chez des chevaux non algiques témoignerait d'un état émotionnel négatif : le stress. Ces expressions faciales semblent un outil prometteur pour mesurer le stress des chevaux sédatisés, chez qui les paramètres comportementaux de stress habituellement utilisés (mouvements de la queue, mouvements des membres, etc.) ne sont pas exprimés ou peu exprimés.

D'autre part les composantes de l'expression faciale doivent être adaptées au faciès du cheval sédaté. Diego *et al.* (2016) ont observé la position des oreilles, la fermeture de la paupière et la contraction des muscles de la face chez des chevaux avant, pendant et après une sédation réalisée avec de la détomidine et du butorphanol. Ces chevaux subissaient, ou non, une manipulation douloureuse : une ponction folliculaire écho-guidée. Ils ont mis en évidence des différences significatives pour ces trois paramètres entre avant, pendant et après la sédation, mais non entre les chevaux subissant une manipulation douloureuse et ceux n'en subissant pas, alors qu'une différence significative de fréquence cardiaque a été mesurée. Ces éléments de l'expression faciale semblent donc inhérents à la sédation. Un cheval sédaté présenterait le faciès suivant : oreilles en arrière, paupières partiellement fermées et muscles de la face relâchés, tandis que non sédaté il aurait les oreilles en avant, les paupières ouvertes et les muscles de la face contractés.

Ces éléments de l'expression faciale ne semblent donc pas pertinents à observer dans notre étude où nous voulons étudier le stress de chevaux sédatés. Des expressions faciales plus fines doivent être identifiées, et des mouvements ponctuels, faisant varier pendant quelques secondes l'expression faciale, doivent être relevés. D'autre part plusieurs composantes de l'expression faciale doivent être relevées afin que l'échelle ait une spécificité et une sensibilité les plus élevées possible. Nous avons donc choisi d'observer trois composantes de l'expression faciale dans nos expériences :

- **la tension et l'angle du sourcil,**
- **l'ouverture de l'œil,**
- **le plissement et l'ouverture du naseau.**

Ces composantes sont décrites avec précision dans la partie expérimentale de cette thèse (deuxième partie, tableau 3). Nous parlerons de « sourcil » et non de « paupière » comme dans les publications sur l'expression faciale car les mouvements de la peau située au-dessus de l'œil, décrit avec précision par Glerup *et al.* (2015) correspondent à la zone du sourcil et non à la paupière supérieure, qui elle ne présente pas de variation d'angle. Il n'est pas usuel de parler de sourcil chez le cheval car il ne présente pas de poils différents du reste de la tête comme chez l'homme, mais seulement quelques vibrisses. A défaut d'avoir un nom pour cette zone de peau et afin de faciliter la compréhension, nous parlerons de sourcil.

Notons que l'ouverture de l'œil n'est pas un paramètre indépendant de la tension et de l'angle du sourcil. Si l'ouverture de l'œil augmente, alors le score de tension et d'angle du sourcil augmente. Mais le score de tension et d'angle du sourcil peut varier sans que celui de l'ouverture de l'œil ne varie.

Pendant nos expériences, nous avons également choisi de relever des mouvements ponctuels de la face. Ils font varier l'expression faciale du cheval sédaté pendant quelques secondes, avant que celui-ci ne revienne au faciès du cheval sédaté. Des mouvements des oreilles sont présents, changeant l'orientation des oreilles pendant quelques secondes avant qu'elles ne reviennent vers l'arrière. L'orientation des oreilles des chevaux est un indicateur de leur état émotionnel et de leur attention à l'environnement. Le nombre de mouvements des oreilles, relevé dans notre étude, est une adaptation de ce paramètre à l'état sédaté du cheval.

Les clignements de l'œil ont également été relevés. De fins mouvements de la peau du sourcil sont parfois associés au clignement, mais ils peuvent aussi être exprimés sans mouvement de la paupière. Ces mouvements ont été relevés avec les clignements. Ils ont été décrits par Glerup *et al.* (2015).

Le stress des chevaux peut donc être mesuré en observant leurs expressions faciales, mais d'autres paramètres comportementaux témoignent également d'un état de stress.

#### 3.2.2.2. Facilité de placement du cheval pour les radiographies

Ferard *et al.* (2015) ont étudié les effets de la musique sur le stress des chevaux lors de soins de maréchalerie. Dans le répertoire comportemental qu'ils utilisent ils ont relevé les comportements témoignant de la non coopération du cheval aux manipulations du maréchal-ferrant :

- retirer le pied : chercher à soustraire le pied de la prise du maréchal,
- refus pied : mettre plus de deux secondes à donner le pied à compter de la sollicitation du maréchal.

Ces comportements sont pertinents à relever car outre le fait qu'ils soient associés à un état de stress chez le cheval, ils permettent de démontrer l'intérêt de la musique pour le manipulateur, qui peut travailler plus efficacement. Nous avons donc choisi d'intégrer à notre répertoire

comportemental des comportements associés à la facilité de placement du cheval pour les radiographies.

### 3.2.2.3. Autres paramètres comportementaux

Les répertoires comportementaux utilisés dans les études sur le stress ou la douleur des chevaux intègrent de nombreux comportements. Seules une partie de ceux-ci sont exprimés par les chevaux sédatisés et nous intéressent ici.

Les fouillements de queue, en dehors de la présence d'insectes, sont associés à un état de stress modéré (Young *et al.*, 2012). Ils sont également utilisés dans les échelles de douleur des chevaux en post-opératoire (Taffarel *et al.*, 2015) et en colique (Sutton *et al.*, 2013a, 2013b ; van Loon et Van Dierendonck, 2015 ; Van Dierendonck et van Loon, 2016).

L'ébrouement est un comportement de stress reconnu chez le chien. L'ébrouement de tête chez le cheval a été décrit par Price *et al.* (2003) et Gleerup *et al.* (2015) mais aucune différence significative n'a été mise en évidence entre les chevaux douloureux et les chevaux contrôles. Cependant dans notre expérience nous avons mis un bonnet d'oreilles aux chevaux. Des secouements de la tête indiqueraient une gêne par rapport au bonnet, ce qui est une information importante à évaluer.

Les mouvements de tête, autre que l'ébrouement, sont un très bon indicateur de douleur orthopédique (Bussièrès *et al.*, 2008) et post-opératoire (van Loon *et al.*, 2010 ; Taffarel *et al.*, 2015). Les échelles développées dans ces études prennent en compte la fréquence des mouvements de tête mais ne différencient pas les types de mouvements. Price *et al.* (2003) différencient plusieurs mouvements, dont les coups de tête (extensions et flexions rapides de la tête, associées ou non à un mouvement vertical de l'encolure), mais ils n'ont pas mis en évidence de différences significatives de fréquence entre les chevaux douloureux et les chevaux contrôles. Young *et al.* (2012) ont démontré que les chevaux dans un état de stress élevé présentaient des mouvements de tête répétés. Les chevaux sédatisés présentent des mouvements de tête verticaux plus ou moins rapides et des coups de tête. Nous avons choisi de différencier trois mouvements de tête, car ils ne semblent pas associés au même état émotionnel. Les mouvements de tête verticaux rapides semblent être une réaction de peur, par exemple lors d'un mouvement brusque près de la tête du cheval sédatisé. Les



mouvements de tête verticaux lents semblent être associés à une augmentation de l'attention du cheval à son environnement, et donc à un état émotionnel moins négatif que les mouvements de tête verticaux rapides. La valence émotionnelle des coups de tête est discutable. Ils pourraient indiquer un inconfort, mais pourraient aussi être, selon les cliniciens de la clinique équine de l'ENVA, un effet indésirable du butorphanol, dérivé morphinique utilisé pour sédater les chevaux en combinaison avec la détomidine.

#### 3.2.2.4. L'influence de la personnalité sur le comportement, un facteur à prendre en considération

La personnalité se définit par un ensemble de caractéristiques comportementales stables dans le temps et à travers les situations, chaque caractéristique étant une composante de la personnalité et les dimensions étant indépendantes entre elles (König von Borstel, 2013 ; Vidament et Rizo, 2015). Elle dépend de paramètres tels que le sexe, l'âge et l'éducation du cheval. Par définition, la réaction des chevaux est constante à travers les situations. En observant la réaction des chevaux lors d'un test discriminant par rapport à la personnalité, il est donc possible de catégoriser les chevaux en fonction de leur réaction future à une nouvelle situation.

Chez l'espèce humaine, la réaction des individus à la musique dépend de leur niveau d'activité basale, qui est approché en déterminant la personnalité (Eysenck, 1976). Rickard *et al.* (2005) conseillent de différencier les individus selon leur personnalité pour diminuer l'incohérence des études sur les effets de la musique sur la mémoire. La réponse des chevaux à la musique pourrait donc dépendre de leur personnalité, et il est nécessaire de prendre en considération cet élément lors de la répartition des chevaux en groupes comparables.

Nous avons donc fait le choix, lors de notre expérience, d'estimer l'émotivité des chevaux. L'émotivité est l'une des composantes de la personnalité du cheval selon Vidament et Rizo (2015) avec la grégarité, l'activité locomotrice, la réactivité vis-à-vis des humains et la sensibilité sensorielle. Nous supposons que cette composante est la principale mise en jeu dans notre expérience. Pour l'estimer, la réaction des chevaux pendant leur montée sur une balance a été observée (voir deuxième partie, partie 1.4.1. Test d'émotivité : observation de la montée sur la balance). Ce test est proche du test de la surface inconnue, développé par l'Institut Français du Cheval et de l'Équitation dans le cadre de leurs tests de tempérament simplifiés (Vidament et Rizo,

2015), et du test du pont (Wolff *et al.*, 1997), deux tests robustes pour évaluer l'émotivité des chevaux.

### **3.2.3. Les paramètres physiologiques : discussion de leur pertinence**

#### 3.2.3.1. Fréquence cardiaque et intervalles RR

L'intervalle RR est défini par le temps séparant deux complexes QRS sur l'électrocardiogramme (ECG) (Marr et Bowen, 2010). Lors de stress le système nerveux sympathique est activé, entraînant une augmentation de la fréquence cardiaque (Squires, 2003), et donc une diminution de l'intervalle RR moyen sur la période de stress. C'est un paramètre non-invasif très informatif à la fois sur l'état psychologique et physiologique des chevaux (König von Borstel *et al.*, 2017). Il est un indicateur sensible de l'état de stress des chevaux à la condition que leur activité physique soit similaire lors des expériences.

#### 3.2.3.2. Le cortisol : des résultats contradictoires dans la littérature

Nous avons fait le choix de ne pas mesurer le cortisol des chevaux, bien que ce paramètre physiologique soit fréquemment utilisé comme indicateur de stress chez les chevaux. Il est avéré que le cortisol est un bon indicateur de stress physique, mais son lien avec le stress psychologique est incertain chez le cheval et les résultats sont incohérents d'une étude à l'autre (König von Borstel *et al.*, 2017). De nombreux facteurs de confusion influent sur la concentration basale de cortisol et sur la réponse de l'axe hypothalamo-hypophysaire : les variations circadiennes (importantes chez le cheval), l'âge, le niveau d'entraînement et l'état corporel notamment. Ils empêchent d'établir le lien entre cortisol et stress psychologique.

Notre protocole expérimental et notre échantillon de chevaux ne pouvaient pas être créés pour être comparables sur ces facteurs. Les variations circadiennes, importantes chez le cheval, sont constituées d'un pic le matin et d'un nadir en fin d'après-midi ou le soir (Evans *et al.*, 1977 ; Diego *et al.*, 2016). Or les consultations vétérinaires pendant lesquelles ont eu lieu nos expériences avaient lieu le matin et l'après-midi. De plus les chevaux que nous pouvions recruter avaient des états corporels et des niveaux d'entraînement très variables.

D'autre part les différentes études qui se sont intéressées aux variations du cortisol salivaire suite à l'écoute de musique, réalisées chez l'humain et chez le cheval, ont conclu à des résultats non significatifs dans la majorité des études (Rickard *et al.*, 2005). Chez l'humain, malgré le nombre important d'études utilisant ce paramètre, seulement deux études réalisées par les mêmes auteurs rapportent des résultats significatifs : une augmentation du cortisol lors de l'écoute d'une musique joyeuse ou d'une musique effrayante comparée à l'absence d'écoute de musique, mais seulement chez les participants musicalement entraînés, et ces études sont sujettes à critique compte tenu du manque de précision des articles (VanderArk et Ely, 1992, 1993). Chez le cheval les deux études utilisant ce paramètre n'ont rapporté aucune différence significative (Ferard *et al.*, 2014 ; Neveux *et al.*, 2016).

Mesurer le cortisol des chevaux dans notre étude semblait donc être une mesure non pertinente du stress.

## 4. Conclusion bibliographique

La musique classique a des effets bénéfiques sur les humains et les animaux en réduisant leur stress et ses conséquences physiologiques. Les études chez le cheval sont encore peu nombreuses mais suggèrent que la musique diffusée en continu dans les écuries mais aussi au moment d'un événement stressant diminuerait le stress des chevaux pendant et après l'écoute. Les mécanismes d'action de la musique chez les animaux ne sont qu'hypothétiques : la musique modifierait les émotions ressenties et l'état d'éveil par intégration par le système limbique. Cette modification de l'état émotionnel entraînerait une diminution du stress physiologique par action sur le système nerveux autonome et l'axe hypothalamo-hypophyso-surrénalien. Cet effet apaisant de la musique est conditionné par de nombreux facteurs : les caractéristiques de la musique, de l'espèce cible, et de l'individu. Ils doivent être pris en compte lors d'utilisation de musique dans le but de relaxer, ou lors de la conception d'un protocole expérimental sur les effets de la musique.

L'environnement dans lequel l'homme maintient le cheval comporte de nombreuses contraintes et défis d'adaptation, sources de stress. Cela est particulièrement vrai en clinique vétérinaire. L'examen radiographique du cheval est un acte fréquent, et bien qu'il soit non douloureux, l'environnement et les manipulations associées entraînent un stress important pour le cheval. La musique pourrait être un outil particulièrement intéressant à développer dans ce contexte, dans le but d'améliorer le bien-être des chevaux.

Pour étudier l'effet de la musique sur le stress des chevaux, des données comportementales et physiologiques peuvent être enregistrées. L'expression faciale du cheval, déjà utilisée pour évaluer la douleur, semble également être un paramètre sensible, révélateur de l'état de stress ressenti. Couplés à l'observation d'autres comportements associés au stress et à l'enregistrement de l'activité cardiaque, ces paramètres permettront d'explorer les conséquences de la musique sur le stress mental et physiologique du cheval.



**DEUXIÈME PARTIE :**  
**ÉTUDE PRÉLIMINAIRE DE L'EFFET DE LA**  
**MUSIQUE CLASSIQUE DIFFUSÉE *VIA* UN**  
**BONNET AUDIO SUR LE STRESS DES CHEVAUX**  
**LORS D'EXAMENS RADIOGRAPHIQUES**



Les consultations vétérinaires sont une source de stress pour les chevaux : ils subissent des manipulations inhabituelles par des personnes inconnues, et dans un lieu également inconnu lorsque la consultation se déroule en clinique. D'autre part, certains examens complémentaires, telles les radiographies, nécessitent d'avoir un cheval calme et immobile, alors même que le bruit et les mouvements des différents éléments de l'appareil de radiographie et le confinement dans la salle sont des sources majeures de stress pour le cheval. La contention chimique, à l'aide de sédatif, est utilisée pour maintenir le cheval immobile et diminuer sa réactivité aux éléments extérieurs. Mais les chevaux sédatisés gardent la conscience de leur environnement et y sont réactifs. Afin de réaliser les différents clichés radiographiques, il est nécessaire de manipuler le cheval pour le placer dans des positions précises. Ce positionnement est grandement facilité lorsque le cheval est peu stressé. Comment diminuer le stress du cheval lors des examens radiographiques, pour son bien-être mais aussi pour faciliter sa manipulation ?

La musique est utilisée en milieu hospitalier humain pour diminuer le stress, que ce soit avant des chirurgies, après, ou en salle d'attente (Rudin *et al.*, 2007 ; Moris et Linos, 2013 ; Cole et LoBiondo-Wood, 2014). Chez les animaux, l'effet apaisant de la musique classique a été mis en évidence chez de nombreuses espèces et dans des contextes variés : les animaux sauvages en zoo (Brent et Weaver, 1996 ; Howell *et al.*, 2003 ; Wells et Irwin, 2008 ; Snowdon et Teie, 2009), les animaux de production (De Jonge *et al.*, 2008), et les chiens en chenil (Wells *et al.*, 2002 ; Kogan *et al.*, 2012, Bowman *et al.*, 2015). Chez les chevaux, la musique classique diffusée dans les écuries les apaise (Wilson *et al.*, 2011 ; Stachurska *et al.*, 2015). Lors d'un événement stressant (présence d'un étalon à proximité, trajet en van), elle permet également de diminuer le stress (Wilson *et al.*, 2011) ainsi qu'une meilleure récupération cardiaque post-stress (Wilson *et al.*, 2011 ; Neveux *et al.*, 2016). La musique pourrait donc être un outil intéressant pour diminuer le stress des chevaux lors d'examens radiographiques.

**L'objectif de cette étude était de réaliser une étude préliminaire qui permette d'évaluer l'intérêt de l'utilisation de la musique classique chez le cheval lors d'examens radiographiques. Pour cela, l'effet de la musique classique diffusée directement au cheval à l'aide d'un bonnet audio a été étudié en mesurant les intervalles RR et les comportements de stress exprimés lors des examens d'imagerie par radiographie.**



La population cible de cette étude était l'ensemble des chevaux venant en consultation de locomotion et subissant des radiographies.

Nos hypothèses étaient que l'écoute de la musique diminuerait le stress des chevaux soumis à un contexte stressant, dans notre cas un examen radiographique et les manipulations associées. Nous nous attendions donc à observer des comportements de stress significativement moins fréquents et des intervalles RR significativement plus importants chez les chevaux qui écoutaient de la musique par rapport aux chevaux qui n'en écoutaient pas. Ces chevaux devraient également présenter une expression faciale plus détendue que ceux écoutant de la musique. D'autre part nous avons postulé qu'un cheval peu stressé accepterait plus facilement les manipulations. Nous devions donc observer significativement moins de refus de placement et de déplacement de membre chez les chevaux écoutant de la musique par rapport à ceux n'en écoutant pas. Nous avons fait par ailleurs l'hypothèse que le port du bonnet seul (c'est à dire non associé à l'écoute de musique) n'influencerait pas le comportement des chevaux, et donc qu'il ne devrait pas y avoir de différence de comportement et d'intervalles RR entre des chevaux portant un bonnet mais n'entendant pas de musique et ceux ne portant pas de bonnet. De même, les différences significatives de comportements qui seraient observées entre des chevaux entendant de la musique, et des chevaux n'en entendant pas et ne portant pas de bonnet, devraient également être observées entre des chevaux entendant de la musique et des chevaux portant un bonnet mais n'entendant pas de musique, et inversement.

Cette étude a reçu un avis favorable par le Comité d'Éthique en Recherche Clinique (ComERC, n°IRCA 2016-11-29) de l'École Nationale Vétérinaire d'Alfort (ENVA). Les expérimentations ont eu lieu du 19 janvier au 5 mai 2017 à la clinique équine de l'ENVA, en collaboration avec les cliniciens de la clinique, Dr. Giraudet, Dr. Mespoulhès-Rivière, Dr. Moiroud et Dr. Tallaj,

# 1. Animaux, matériels et méthodes

## 1.1. Présentation de la structure

### *1.1.1. La clinique équine de l'École Nationale Vétérinaire d'Alfort*

La clinique équine de l'ENVA assure trois fonctions distinctes : un service de diagnostic, de thérapeutique et d'hospitalisation aux équidés présentés en consultation ou en urgence à la clinique, un enseignement théorique et clinique aux étudiants, ainsi que la participation à des projets de recherche en partenariat avec des organismes de recherche ou des entreprises privées.

Elle est située dans le bâtiment Bouley, sur le site principal de l'ENVA, à Maisons-Alfort. Elle comprend une salle de radiographie (figure 3), équipée en radiographie numérique. Un générateur fixe puissant et des cassettes de type écrans radio-luminescents à mémoire permettent d'obtenir des clichés des membres mais aussi du dos et de la région cervicale du cheval.

Figure 3 : Salle de radiographie de la clinique équine de l'ENVA, avec générateur radiographique fixe.



### **1.1.2. Fonctionnement des consultations de locomotion**

Des consultations de locomotion ont lieu les jeudis et vendredis à la clinique équine de l'ENVA. Elles sont assurées par deux cliniciennes du Centre d'Imagerie et de Recherche sur les Affections Locomotrices Equines (CIRALE). Le Dr. Moiroud est spécialiste en pathologie locomotrice du cheval (Diplôme d'Études Spécialisées Vétérinaires, DESV) tandis que le Dr. Tallaj est en troisième année de résidanat de DESV en pathologie locomotrice équine. Le nombre de consultations de locomotion varie de zéro à quatre par semaine.

Les chevaux sont présentés en consultation pour des boiteries, des irrégularités d'allure, une baisse de performances sportives ou une suspicion d'ataxie.

Les consultations de locomotion ont un déroulement précis et constant. Lorsque le propriétaire du cheval arrive, il lui est demandé de descendre son cheval du van et de l'amener en salle de consultation de locomotion. Un interne questionne le propriétaire sur les commémoratifs et l'anamnèse du cheval. Puis un examen statique du cheval est réalisé par l'interne : observation à distance, palpation des membres, du dos, mobilisation passive et/ou active de différentes parties du corps, test de la planche (consistant à provoquer une hyper-extension des articulations inter-phalangiennes, mettant en compression les structures de l'appareil podotrochléaire) et test de flexion latérale de l'encolure. Trois à quatre étudiants vétérinaires de quatrième année sont présents et participent à cet examen statique. Une fois l'examen terminé, l'interne présente oralement le cas au clinicien. Celui-ci peut refaire une partie de l'examen statique ou questionner de nouveau le propriétaire du cheval, selon les éléments d'intérêt présentés par l'interne.

Puis l'examen dynamique commence sur une aire constituée d'un sol dur (béton) et d'un sol mou (sable) adjacente au bâtiment Bouley. Le cheval est en longe pendant l'ensemble de l'examen. Il est marché et trotté en cercle puis en ligne droite sur le sol dur. Des flexions des membres antérieurs et postérieurs sont réalisées successivement, pendant une minute, par l'interne, et le cheval est immédiatement trotté en ligne droite. L'examen dynamique se termine par l'observation du cheval au pas, trot et galop en cercle sur le sol mou.

Suite à ces observations, un ensemble d'examens complémentaires d'imagerie sont décidés en concertation avec le propriétaire. Il peut être décidé de ne pas faire d'examen radiographique, par

exemple dans le cas d'un suivi, mais cela est peu fréquent. Lorsque des radiographies sont décidées, le cheval est amené en salle de radiographie et une sédation légère est effectuée par l'interne. Cette sédation est réalisée à l'aide de détomidine et de butorphanol suivant une dose définie par le clinicien, autour de 7 µg/kg chacun. Les clichés radiographiques sont réalisés par l'interne seul ou guidé par le clinicien. Les étudiants de quatrième année tiennent le cheval et les cassettes tandis que l'interne positionne le générateur. Le temps passé en salle de radiographie varie de 20 minutes à trois heures. Les radiographies terminées, si des échographies ont été planifiées, le cheval est mené en salle de consultation de locomotion où les échographies des régions d'intérêt sont réalisées. Pour finir, le cheval peut, ou non, recevoir un traitement dépendant du diagnostic et de la volonté du propriétaire.

## **1.2. Choix des animaux et description de l'échantillon**

### ***1.2.1. Critères d'inclusion***

L'étude a été menée sur les chevaux domestiques, *Equus ferus caballus*. Les chevaux recrutés devaient être âgés de plus de un an. Il devait subir un examen radiographique suite à la consultation de locomotion. Le propriétaire du cheval devait consentir à ce que son cheval participe à l'étude. L'objectif de l'étude et sa réalisation pratique lui étaient expliqués oralement. S'il acceptait de participer, un consentement était signé en double exemplaire, le propriétaire en conservant un.

### ***1.2.2. Critères de non-inclusion***

Les chevaux présentant des signes cliniques faisant suspecter une maladie contagieuse, tels que des lésions cutanées évocatrices de parasitoses, ou un jetage nasal, étaient écartés de l'étude afin d'éviter toute contagion de maladie par le matériel d'expérimentation. Les chevaux présentant des lésions cutanées aux oreilles étaient également écartés, celles-ci pouvant entraîner une gêne au port du bonnet.

### **1.2.3. Critère d'exclusion**

Au début du protocole une très courte période (trois minutes) d'habitation au bonnet audio était effectuée (*cf.* partie 1.4.3. Équipement du cheval et répartition dans l'un des trois groupes) avant d'entrer en salle de radiographie. Si pendant cette période le cheval secouait la tête plus de trois fois, alors il était exclu de l'étude et l'examen d'imagerie se déroulait sans expérimentation. Le but de ce critère d'exclusion était d'éviter que des clichés radiographiques soient repris à cause des mouvements de gêne du cheval pendant l'examen. En effet lorsqu'un cheval bouge pendant les radiographies, celles-ci doivent être refaites, entraînant une double exposition des étudiants aux rayons X diffusés, non acceptable dans le cadre de cette expérimentation.

### **1.2.4. Description des chevaux et groupes**

Seize chevaux furent inclus dans les tests. Aucun cheval ne fut exclu à cause du critère d'exclusion décrit ci-dessus.

Trois chevaux de plus avaient été initialement inclus dans l'étude, mais ont été exclus suite à de nombreux problèmes techniques avec l'appareil de radiographie, indépendamment de l'étude. Ces problèmes techniques (plusieurs pannes de la développeuse, lampe cassée du générateur, coupure générale d'électricité) ont occupé un temps important pendant lequel aucune radiographie n'a été prise. Le protocole n'étant pas respecté, il a été décidé d'exclure ces chevaux.

Les 16 chevaux ont été répartis en trois groupes : groupe « témoin simple », groupe « témoin avec bonnet » et groupe « bonnet et musique », selon des modalités définies dans le paragraphe suivant. Les chevaux du groupe « témoin simple » ne portaient aucun équipement et n'entendaient aucune musique. Les chevaux du groupe « bonnet et musique » portaient un bonnet d'oreilles développé par la société HorseCom® (figure 4). Le prêt du bonnet a été permis grâce à la collaboration avec Hugo Kajdas, président fondateur de la société HorseCom et Thomas Pandraud, directeur opérationnel. Ce bonnet est un bonnet pour oreilles en tissu intégrant des écouteurs dans la zone de tissu située face au pavillon des oreilles. Ces écouteurs étaient branchés à un lecteur mp3 de modèle D-JIX® C219, placé dans une pochette intégrée au bonnet, entre les deux oreilles du cheval. Un seul bonnet audio a été utilisé pour l'ensemble des tests. De la musique était diffusée directement au cheval grâce à ce système, et elle n'était pas audible par les personnes autour du

cheval. Enfin les chevaux du groupe « témoin avec bonnet » étaient équipés de ce même bonnet audio, mais le lecteur mp3 restait éteint. Les caractéristiques des individus de chacun de ces groupes sont présentées dans le tableau 1.

Figure 4 : Bonnet d'oreilles utilisé lors des expérimentations, intégrant des écouteurs et une pochette contenant le lecteur mp3 (HorseCom®).



Tableau 1 : Caractéristiques des 16 chevaux de l'étude réalisée du 19/01/17 au 05/05/17 à l'ENVA, répartis aléatoirement dans les trois groupes, avec appariement selon leur catégorie d'émotivité.

	Témoin simple (n=6)	Témoin avec bonnet (n=5)	Bonnet et musique (n=5)
<b>Age médian (distance interquartile p25 ; p75) en année</b>	11 (10 ; 11)	10 (8 ; 12)	7 (4 ; 7)
<b>Sexe</b>			
<b>Jument</b>	3	4	2
<b>Hongre</b>	2	1	2
<b>Etalon</b>	1	0	1
<b>Race</b>			
<b>Poney</b>	3	0	0
<b>Selle français</b>	1	3	2
<b>Autre cheval de selle ou trotteur</b>	2	2	3
<b>Catégorie d'émotivité</b>			
<b>Peu réactif</b>	1	1	2
<b>Moyennement réactif</b>	3	2	2
<b>Très réactif</b>	2	2	1
<b>Fréquence de port d'un bonnet simple</b>			
<b>Moins d'une fois par mois</b>	3	2	3
<b>Plus d'une fois par mois</b>	3	3	2
<b>Fréquence d'écoute de musique *</b>			
<b>Moins d'une fois par mois</b>	2	1	1
<b>Plus d'une fois par mois</b>	3	4	4
<b>Non renseigné</b>	1	0	0

\* Fréquence à laquelle le cheval est exposé à des musiques dans son environnement.

Le groupe « bonnet et musique » rassemble des chevaux d'âges inférieurs aux deux autres groupes. Cette différence pourrait être un facteur de confusion si l'on considère que l'âge influence le stress des chevaux lors de situation anxiogène. De façon plus générale, l'ensemble des caractéristiques intrinsèques des chevaux qui influencent leur sensibilité au stress, c'est à dire l'émotivité des chevaux, pourrait être un facteur de confusion. Ces caractéristiques intrinsèques sont par exemple l'âge, le sexe, la race. Une différence d'émotivité des chevaux entre les trois groupes pourrait entraîner une différence de comportements de stress entre les trois groupes qui ne serait pas causée par l'effet de la musique mais par cette différence d'émotivité. Anticipant que notre échantillon serait de petite taille et donc qu'un déséquilibre entre deux groupes dû à un « mauvais coup de chance » dans le tirage au sort pourrait avoir des conséquences néfastes dans l'interprétation de nos résultats, nous avons fait le choix de les appairer selon leur catégorie d'émotivité. Pour ce faire, les chevaux étaient classés dans trois catégories d'émotivité (« peu réactif » / « moyennement réactif » / « très réactif », cf. partie 1.4.1. Test d'émotivité : observation de la montée sur la balance). La condition dans laquelle le cheval allait être testé (« témoin simple » / «

témoin avec bonnet » / « bonnet et musique ») était déterminée à l'aide d'un tirage au sort, avec appariement selon la catégorie d'émotivité.

Pour expliquer cet appariement selon la catégorie d'émotivité, prenons pour exemple la répartition de cinq chevaux. Le premier cheval est « moyennement réactif », la condition de test est tirée au sort parmi les trois conditions (« témoin simple » / « témoin avec bonnet » / « bonnet et musique »), ce tirage donne la condition « témoin simple ». Le deuxième cheval est « peu réactif », la condition de test est tirée au sort parmi les trois conditions (« témoin simple » / « témoin avec bonnet » / « bonnet et musique »), ce tirage donne la condition « témoin simple ». Le troisième cheval est « moyennement réactif », la condition de test est tirée au sort parmi les deux conditions restantes pour cette catégorie d'émotivité (« témoin avec bonnet » / « bonnet et musique »), ce tirage donne la condition « témoin avec bonnet ». Le quatrième cheval est « moyennement réactif », la seule condition de test restante pour cette catégorie d'émotivité, « bonnet et musique », lui est attribuée. Le cinquième cheval est « peu réactif », la condition de test est tirée au sort parmi les deux conditions restantes pour cette catégorie d'émotivité (« témoin avec bonnet » / « bonnet et musique »), ce tirage donne la condition « bonnet et musique », etc. Les chevaux étaient ainsi répartis par tirage au sort avec appariement selon leur catégorie d'émotivité. Ce mode d'appariement ne permet pas une répartition égale des chevaux selon leur émotivité, mais une répartition équilibrée. Bien que chaque groupe ne contenait pas le même nombre de chevaux de chaque catégorie d'émotivité, nous avons estimé que les groupes étaient comparables sur l'émotivité car leurs effectifs étaient proches.

La fréquence de port d'un bonnet simple et la fréquence d'écoute de musique avant notre étude étaient proches entre les trois groupes. Un bonnet simple désigne un bonnet d'oreilles en tissu n'intégrant pas d'éléments audio. Ce type de bonnet est couramment utilisé en équitation pour éviter au cheval le désagrément des insectes entrant dans les oreilles, ainsi que pour son esthétique. Dans notre échantillon, la moitié des chevaux avaient déjà porté ce type de bonnet. Le bonnet audio porté par les chevaux dans cette étude a pour principe de reprendre le même type de bonnet simple comme support à sa technologie.



Les trois groupes étaient donc comparables sur l'émotivité, la fréquence de port d'un bonnet simple et la fréquence d'écoute de la musique, dans le cadre de notre étude visant à déterminer si la musique modifie les comportements de stress des chevaux lors d'examens radiographiques.

### **1.3. Choix de la musique**

Trois morceaux de musique classique ont été diffusés en boucle aux chevaux, pendant une durée de 19 minutes et 2 secondes :

- le thème principal de la bande originale du film « Forrest Gump » par Alan Silvestri,
- « *Air on the G string* » de Jean-Sébastien Bach,
- la nocturne pour piano n° 1 en B mineur de Frédéric Chopin.

Ces morceaux ont été choisis car ce sont des morceaux de musique classique instrumentale, leur tempo est modéré (40-70 battements par minute), il n'y a pas de percussions ou d'accentuation du rythme, et leur dynamique est de faible amplitude.

La bande originale de « Forrest Gump » a été utilisée par Wilson *et al.* (2011) dans leur étude sur l'effet de la musique sur la réponse physiologique et comportementale de poulains sevrés, à l'écurie. Une augmentation des comportements liés à un état mental de relaxation avait notamment été observée lorsque cette musique était jouée dans les écuries, comparée à la même situation sans musique. Ce morceau a ensuite été utilisé par Ferard *et al.* (2014, 2015) dans deux études sur l'effet de la musique sur le stress des chevaux lors de soins de maréchalerie, de transport en camion, et lors d'un parcours en main ponctué d'événements anxiogènes. Les résultats suggéraient également une diminution des comportements de stress.

« *Air on the G string* » de Bach a été choisie par Snowdon *et al.* (2015a) pour comparer l'effet de deux types de musique sur l'état mental du chat domestique : des musiques spécifiquement composées pour relaxer les chats, et des musiques classiques dite relaxantes, dont « *Air on the G string* » de Bach.

La nocturne pour piano n° 1 en B mineur de Chopin a été choisie par l'entreprise HorseCom® pour leur *playlist* relaxante, à disposition des propriétaires détenteurs de leur bonnet.

Le niveau d'intensité sonore (volume 11 du lecteur mp3) variait de 20 à 30 dB, respectant les recommandations chez les chevaux (Carter et Greening, 2012). Il a été déterminé à l'aide d'une application sur téléphone portable utilisant le microphone du téléphone pour mesurer l'intensité sonore à son entrée.

## **1.4. Protocole expérimental**

### ***1.4.1. Test d'émotivité : observation de la montée sur la balance***

Dans un premier temps, chaque cheval était classé selon son émotivité, afin de former des groupes équilibrés en terme d'émotivité des chevaux. Pour évaluer celle-ci, un test peu chronophage, pour ne pas perturber le déroulement des consultations, et réalisable dans l'enceinte de la clinique équine, était nécessaire. Il a été choisi d'observer la montée du cheval sur la balance, la pesée étant une des étapes cliniquement importantes lors de consultation vétérinaire.

A son arrivée à la clinique, le cheval était mené en longe par son propriétaire sur la balance. Cette balance est située contre un mur, dans le hall de la clinique (figure 5). Elle n'est pas intégrée au sol : elle forme une plateforme sur laquelle le cheval doit monter, et elle fait face à un grand bac en pierre. L'ensemble de ces éléments fait de la pesée du cheval un moment délicat, et les réactions de peur et comportements de stress sont très fréquents. Certains chevaux refusent de monter sur la balance. Le temps mis pour monter sur cette balance ainsi que certains comportements exprimés, présentés dans le tableau 2, étaient les critères principaux de classification des chevaux en trois catégories d'émotivité : peu réactifs, moyennement réactifs et très réactifs. Le dernier critère était la réaction à l'injection intraveineuse de sédatif (dans la veine jugulaire droite), réalisée avant l'entrée en salle de radiographie (*cf.* partie 1.4.3. Équipement du cheval et répartition dans l'un des trois groupes) Le score d'émotivité du cheval était calculé en faisant la somme des points obtenus :

- [0 ; 1] : cheval peu réactif,
- ]1 ; 4] : cheval moyennement réactif,
- ]4 ; 10] : cheval très réactif.

Figure 5 : Emplacement de la balance dans le hall de clinique équine de l'ENVA, utilisée pour tester l'émotivité des chevaux.



Tableau 2 : Critères de répartition des chevaux en trois catégories d'émotivité, selon leur comportement lors de la montée sur la balance et lors de l'injection de sédatif.

Score	0	1	2
<b>Temps de montée sur la balance (en min)</b>	< 00:30	[0:30 ; 1:30]	> 1:30 ou refus de monter
<b>Attitude devant la balance</b>	cheval détendu, encolure proche de l'horizontale, oreilles relâchées, peu de regards autour	cheval un peu tendu, encolure relevée ou mobile, oreilles pointées ou très mobiles, regarde la balance	cheval très tendu, tête très haute, regarde tout autour ou fixement, peut ronfler
<b>Mouvements pendant la pesée</b>	aucun	petits coups de tête, tire la longe, petits écarts	bouscule fortement, ruades, morsures, cabré ; ou ne monte pas
<b>Hennissements</b>	0	1	> 1
<b>Réaction à l'injection intraveineuse</b>	aucune réaction ou léger mouvement de l'encolure	mouvement de l'encolure et/ou de la tête important	mouvement du corps entier (au moins un sabot bouge)

Puis le cheval était amené dans la salle de consultation de locomotion où avait lieu l'examen statique (*cf.* partie 1.1.2. Fonctionnement des consultations de locomotion).

#### **1.4.2. Questionnaire sur l'utilisation d'un bonnet et la diffusion de musique**

Pendant l'examen statique, le propriétaire complétait un questionnaire renseignant sur d'éventuels facteurs de confusion : la fréquence de port d'un bonnet, la tolérance au bonnet, la fréquence de diffusion de musique dans l'environnement du cheval, le ou les contextes dans lesquels le cheval avait entendu la musique, et le type de musique (*cf.* annexe 2 Questionnaire). Quand nous avons utilisé le terme de « bonnet » dans le questionnaire il s'agit de bonnets simples, sans écouteurs et lecteur mp3. Aucun cheval de l'étude n'avait déjà porté le bonnet audio. D'autre part, il est fréquent que de la musique soit diffusée dans les écuries ou dans les lieux d'entraînement des chevaux. Nous avons donc questionné les propriétaires sur l'environnement sonore habituel de leur cheval.

Après l'examen statique du cheval, le clinicien effectuait l'examen dynamique, et selon ses hypothèses diagnostiques plusieurs radiographies étaient planifiées.

#### **1.4.3. Équipement du cheval et répartition dans l'un des trois groupes**

Le cheval était amené dans le hall d'entrée du bâtiment de radiographie, jouxtant la salle de radiographie. Un *holter* de la marque Televet® (modèle Televet 100) était mis en place sur le thorax du cheval, constitué d'électrodes autocollantes et d'une sangle élastique maintenant le boîtier du Televet®. Le *holter* était mis en marche, puis une mesure de fréquence cardiaque, sur 15 secondes, était effectuée à l'aide d'un stéthoscope afin de pouvoir vérifier la concordance avec la fréquence cardiaque enregistrée par le *holter*.

Le cheval était ensuite sédaté par une injection en intraveineuse de détomidine ( $\alpha$ 2-agoniste, Detogesic®, 10 mg/mL) et de butorphanol (dérivé morphinique, Torbugesic®, 10 mg/mL), à une dose déterminée par le clinicien en fonction de sa perception du cheval. La dose de sédatif injectée n'était donc pas la même pour l'ensemble des chevaux. La profondeur de la sédation entraînée par l'injection de sédatif n'est pas seulement dépendante de la dose injectée, mais aussi de la race du cheval, de sa personnalité, et de l'état d'excitation dans lequel il est. Il a donc été décidé de laisser

le choix de la dose de sédation au clinicien, qui par son expérience sait évaluer un cheval pour le sédaté de façon optimale lors d'un examen d'imagerie. Cette sédation est toujours légère.

La réaction du cheval à l'injection était observée et constituait le dernier paramètre du score d'émotivité (*cf.* tableau 2 et partie 1.4.1. Test d'émotivité : observation de la montée sur la balance). Le cheval était donc classé dans une des trois catégories d'émotivité (« peu réactif » / « moyennement réactif » / « très réactif »). La condition dans laquelle le cheval allait être testée (« témoin simple » / « témoin avec bonnet » / « bonnet et musique ») était alors déterminée à l'aide d'un tirage au sort, avec appariement selon la catégorie d'émotivité (*cf.* partie 1.2.4. Description des chevaux et groupes). Les scores de chaque cheval au test d'émotivité sont présentés en annexe 3.

Une minute après l'injection, si le cheval faisait partie du groupe « témoin avec bonnet » ou « bonnet et musique », le bonnet était placé sur ses oreilles. Une courte période d'habituation de trois minutes avait lieu, le cheval n'étant pas manipulé pendant cette période. Le but principal de celle-ci était d'exclure les chevaux qui présentaient des comportements de gêne (tels que secouer la tête, se frotter la tête) qui auraient pu perturber le déroulement des examens d'imagerie. Aucun cheval n'a été exclu. Les modalités de cette période dépendaient du groupe :

- groupe « témoin simple » : trois minutes sans musique,
- groupe « témoin avec bonnet » : trois minutes sans musique (lecteur mp3 éteint),
- groupe « bonnet et musique » : une minute sans musique puis deux minutes avec musique. La musique était ensuite laissée en mode lecture.

Puis le cheval était mené dans la salle de radiographie.

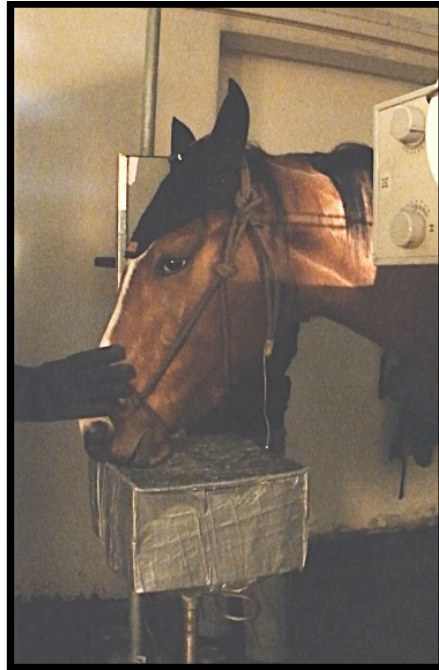
#### **1.4.4. Réalisation des clichés radiographiques et mesure du stress**

Un interne et/ou le clinicien plaçait le cheval pour les radiographies. Deux types de radiographies pouvaient être réalisées :

- des radiographies de l'axe : le cheval était placé « au carré », c'est à dire le cheval en appui sur ses quatre membres, formant un rectangle. Son menton reposait sur un grand tabouret. Une série de radiographies était effectuée dans cette position parmi lesquelles : radiographie cervicale basse, moyenne, haute (figure 6), radiographie thoracique crâniale, moyenne, caudale, caudale focalisée, radiographie lombaire, lombaire focalisée.

- des radiographies des membres : le positionnement du cheval variait selon la région radiographiée. Il était changé de positionnement toutes les deux à quatre radiographies. Il pouvait avoir les quatre membres au sol mais aussi avoir un membre tenu dans une position précise ou posé sur une cale.

Figure 6 : Placement du cheval pour une radiographie de la région cervicale haute.



Une caméra sur pied, placée à environ un mètre de la tête du cheval, de profil, enregistrait son expression faciale en continu. Un expérimentateur relevait également en direct et en continu certains comportements. A chaque prise de cliché radiographique, il se plaçait dans la pièce de contrôle afin d'être protégé des rayons X. Cette pièce est équipée d'une vitre, permettant de visualiser le cheval et de continuer à relever ses comportements.

#### **1.4.5. Sortie de la salle de radiographie**

Une fois les radiographies terminées le cheval était mené dans le hall précédant la salle de radiographie. Deux minutes après, la musique était éteinte si le cheval faisait partie du groupe « bonnet et musique », puis deux minutes plus tard, le *holter* était éteint et l'ensemble du matériel

(bonnet, électrodes et sangle) était retiré. Si le cheval faisait partie du groupe « témoin avec bonnet » ou « témoin simple », le *holter* était éteint et l'ensemble du matériel (électrodes et sangle, bonnet pour le groupe « témoin avec bonnet ») était retiré après quatre minutes. Puis le cheval poursuivait sa consultation de locomotion normalement.

## **1.5. Paramètres mesurés par l'observation en direct et sur vidéos**

### ***1.5.1. Analyse de l'expression faciale***

L'expression faciale a été relevée selon la méthode d'échantillonnage instantané « *scan sampling* » (Altmann, 1974) toutes les 30 secondes, à partir des vidéos. Les mouvements des différentes composantes de la tête utilisés dans cette étude ainsi que les publications à partir desquelles ils ont été adaptés sont présentés dans le tableau 3. Quelques exemples d'expressions faciales sont illustrés par la figure 7.

Lors d'impossibilité de faire la mesure (main de la personne tenant le cheval devant le naseau, personne devant la tête du cheval, cheval qui tourne la tête, obscurité/ombre trop importante, déplacement du cheval hors du cadre de la caméra), la mesure était notée non réalisable.

Tableau 3. Description des composantes de l'expression faciale utilisées dans le codage du stress de chevaux sédatisés lors de l'étude sur l'effet de la musique sur le stress des chevaux lors d'examen radiographiques, réalisée à l'ENVA du 19/01/17 au 05/05/17.

Composante de l'expression faciale	Description de la composante	Score	Bibliographie *
<b>Tension et angle du sourcil</b>	Angle formé par la peau directement au-dessus de la paupière supérieure de l'œil (appelé "sourcil" ici). Le mouvement d'élévation (en direction dorso-médiale) d'une zone de peau située au-dessus de l'angle interne de l'œil provoque une variation de la forme du sourcil : il n'est plus courbe, mais forme un angle.	0 = sourcil relâché, formant une ligne courbe. 1 = sourcil relevé, formant un angle de degré supérieur à 90°. 2 = sourcil très relevé, formant un angle droit.	HGS (Costa <i>et al.</i> , 2014) EPF (Gleerup <i>et al.</i> , 2015) EquiFACS (Wathan <i>et al.</i> , 2015)
<b>Ouverture de l'œil</b>	Ouverture de l'œil (modifiée par l'élévation de la paupière supérieure) et visibilité de la sclère. L'orientation des cils peut aider à la détermination de l'ouverture.	0 = œil ouvert "au repos", sclère non visible ; ou paupière partiellement fermée. 1 = ouverture de l'œil élargie, paupière supérieure légèrement relevée et/ou une partie de la sclère visible de façon intermittente. 2 = ouverture de l'œil importante, paupière supérieure très relevée, sclère bien visible.	EQUUS-FAP (Van Loon et Van Dierendonck, 2015 ; Van Dierendonck et Van Loon, 2016) EquiFACS (Wathan <i>et al.</i> , 2015)
<b>Plissement et ouverture du naseau</b>	Degré d'ouverture du naseau, s'ouvrant dans une direction soit medio-latérale (le naseau s'étire médialement), soit rostro-caudale (le naseau s'étire caudalement), pouvant entraîner la présence d'un pli de peau caudo-ventralement au naseau.	0 = naseau relâché, sans pli. 1 = naseau tendu et étiré et/ou présence d'un pli peu marqué. 2 = naseau très tendu et étiré et/ou présence d'un pli marqué ou de plusieurs plis.	HGS (Costa <i>et al.</i> , 2014) EQUUS-FAP (Van Loon et Van Dierendonck, 2015 ; Van Dierendonck et Van Loon, 2016) EPF (Gleerup <i>et al.</i> , 2015) EquiFACS (Wathan <i>et al.</i> , 2015)

\* Les composantes de l'expression faciale ont été adaptées à partir de la combinaison des descriptions présentées dans les publications citées afin d'être les plus précises possibles et de s'adapter au faciès d'un cheval sédaté.

HGS: *Horse Grimace Scale*

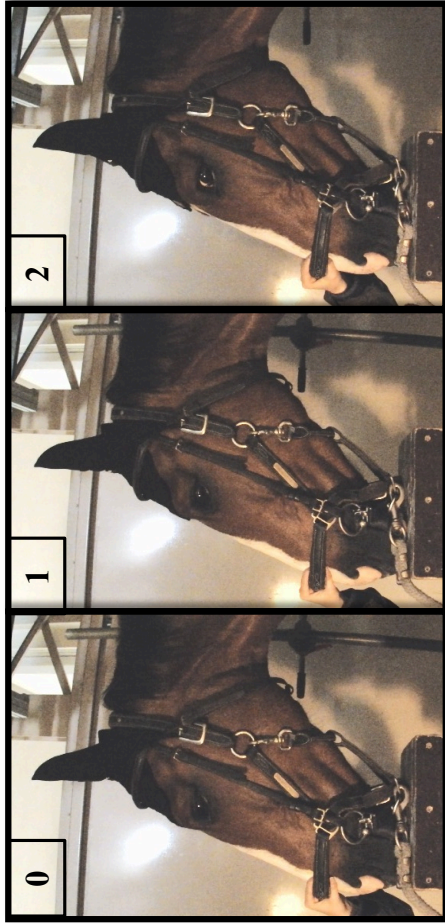
EPF: *Equine Pain Face*

EquiFACS: *Equine Facial Action Coding System*

EQUUS-FAP: *Equine Utrecht University Scale for Facial Assessment of Pain.*



Figure 7 : Exemples de scores d'expressions faciales d'ouverture de l'œil et de tension et angle du sourcil, à partir de photos prises pendant les expériences.



À gauche : les trois scores d'ouverture de l'œil.



À droite : les trois scores de tension et d'angle du sourcil (associé à différents scores d'ouverture de l'œil).

NB : le cheval de gauche a une sclère de très grande taille, visible même quand l'œil est partiellement fermé. Cette particularité est prise en compte lors de la notation.

### **1.5.2. Répertoire comportemental**

Un répertoire comportemental a été défini afin de relever les comportements révélateurs de stress. Il est présenté dans le tableau 4. La méthode d'échantillonnage continu « *continuous sampling* » (Altmann, 1974) a été utilisée pour relever les occurrences des comportements. Un nombre restreint de comportements a été observé en direct pendant les expérimentations, tandis que la majeure partie a été codée à partir des vidéos. Lorsqu'il n'était pas possible d'observer les comportements sur les vidéos (personne devant la tête du cheval, cheval qui tourne la tête, obscurité, déplacement du cheval hors du cadre de la caméra), la durée sans observation était relevée afin de pouvoir exprimer les comportements en fréquence. La durée d'observation pour chaque cheval est présentée dans le tableau 5.

Tableau 4 : Répertoire comportemental utilisé pour coder le stress de chevaux sédatisés, lors de l'étude sur l'effet de la musique sur le stress des chevaux lors d'examen radiographiques, réalisée à l'ENVA du 19/01/17 au 05/05/17.

Support	Désignation du comportement	Description	Bibliographie
	<b>Mouvement de l'oreille</b>	Tout mouvement de l'oreille située du côté de la caméra, quelle que soit l'amplitude du mouvement. Une direction égale un mouvement, c'est à dire que si l'oreille fait un aller-retour, deux mouvements seront comptés. <sup>1</sup>	/
	<b>Mouvement de tête vertical</b>	Relevé de l'encolure dans une direction verticale, en excluant les relevés très rapides, le mouvement doit être décomposé. Pas ou peu de mouvements de la tête associés.	Price <i>et al.</i> , 2003 <sup>2</sup>
	<b>Mouvement de tête de relevé rapide</b>	Relevé de l'encolure dans une direction verticale, le mouvement étant très rapide. Pas ou peu de mouvements de la tête associés.	Bussières <i>et al.</i> , 2008 <sup>3,5</sup> Van Loon <i>et al.</i> , 2010 <sup>3,5</sup> Taffarel <i>et al.</i> , 2015 <sup>3</sup>
Vidéo	<b>Coup de tête</b>	Extension et flexion rapides de la tête associées ou non avec un mouvement vertical de l'encolure. Le mouvement peut être très léger, donnant l'impression d'un sursaut.	Price <i>et al.</i> , 2003 <sup>4</sup>
	<b>Ebrouement de tête</b>	Mouvements rapides de rotation de la tête et de l'encolure dans le sens horaire et antihoraire.	Price <i>et al.</i> , 2003 <sup>4</sup> Gleerup <i>et al.</i> , 2015 <sup>4</sup>
	<b>Cignement de l'œil et assimilé</b>	Tout mouvement de la paupière supérieure vers la paupière inférieure, ou fin mouvement hésitant de la peau du front dans la région du sourcil dorsalement au canthus médial de l'œil	Gleerup <i>et al.</i> , 2015
	<b>Fouaillement de la queue</b>	Mouvements rapides de la queue	Sutton <i>et al.</i> , 2013a, 2013b <sup>5</sup> Taffarel <i>et al.</i> , 2015
En direct	<b>Déplacement de membre une fois le cheval positionné</b>	Déplacement d'un membre une fois le cheval positionné pour une radiographie	Van Loon et Van Dierendonck, 2015 <sup>5</sup> Van Dierendonck et Van Loon, 2016 <sup>5</sup>
	<b>Refus de placement</b>	Le cheval ne fléchit pas un membre lorsqu'une pression est exercée sur celui-ci, ou refuse de reposer son membre d'aplomb.	Ferard <i>et al.</i> , 2015 <sup>4</sup>

<sup>1</sup> La caméra filmait le profil du cheval, l'oreille à l'opposée de la caméra était donc peu visible. Dans un souci de rigueur des mesures il a été choisi de coder seulement les mouvements de l'oreille située côté caméra.

<sup>2</sup> Price *et al.* ne différencient pas ces deux types de mouvements. Les résultats associés à ce paramètre ne sont pas significatifs.

<sup>3</sup> Ces auteurs ont utilisé les mouvements de tête, sans en différencier différents types, comme paramètre de stress.

<sup>4</sup> Pas de résultats significatifs associés à ce paramètre.

<sup>5</sup> Ce ou ces comportements sont intégrés dans une échelle de douleur avec d'autres comportements si bien qu'il n'est pas possible de connaître la pertinence du paramètre isolé.

Tableau 5 : Durées d'observation des comportements codés en fréquence à partir des vidéos pour chaque individu, enregistrées du 19/01/17 au 05/05/17 à l'ENVA.

Individus	Groupe	Durée d'observation des comportements (min)
1		16,22
2		19,18
3	témoin simple	19,85
9		20,00
12		18,13
14		17,67
5		20,00
7		17,98
13	témoin bonnet	18,82
15		19,79
16		19,4
4		19,05
6		18,83
8	bonnet et musique	17,37
10		19,33
11		12,38

### **1.5.3. Relevé de paramètres extérieurs pouvant modifier le stress ou son expression**

Les paramètres identifiés comme d'éventuels facteurs de confusion ont été relevés :

- volume de sédatif administré. Les doses de chlorhydrate de détomidine et de butorphanol, ont été calculées en divisant le volume injecté par le poids du cheval ;
- nombre de radiographies effectuées. Le temps moyen par radiographie a été calculé en divisant le nombre de clichés radiographiques effectué pendant les 20 premières minutes de manipulation, par le temps mis pour faire ces clichés ;
- qualité du ou des manipulateurs radio : interne seul ou interne supervisé par un clinicien,
- type de radiographies effectué : axe ou membres.

Ces paramètres n'ont pas été analysés statistiquement car le but de leur recueil était descriptif. La comparaison des trois groupes de chevaux selon ces paramètres est présentée dans la partie 3.3. Facteurs de confusion et groupes comparés.

## **2. Analyse statistique**

Afin d'avoir des données comparables et répétables, seules les 20 premières minutes passées en salle de radiographie par les chevaux ont été analysées, correspondant à la durée minimale de cet examen observée pendant les expérimentations. Les données ont été saisies avec le logiciel Microsoft Excel®, et les tests statistiques réalisés avec le logiciel *R*. Le risque d'erreur  $\alpha$  a été fixé à 0,05, avec correction de Holm (Bender et Lange, 2001) pour certains paramètres, précisés dans les sous-parties suivantes. Au vu de la faible taille de l'échantillon, des tests non paramétriques ont été choisis.

### **2.1. Analyse statistique des paramètres de l'expression faciale**

Pour chacun des trois paramètres (tension et angle du sourcil, ouverture de l'œil, plissement et ouverture du naseau) une moyenne des scores a été calculée, arrondie au centième. Un score d'expression faciale a également été calculé en sommant les scores moyens des trois paramètres, pour chaque cheval.

Les scores moyens ainsi que le score d'expression faciale des chevaux des trois groupes, « témoin simple », « témoin avec bonnet », et « bonnet et musique », ont été comparés deux à deux à l'aide du test de Mann-Whitney. Le risque d'erreur  $\alpha$  a été corrigé avec la méthode de Holm (Bender et Lange, 2001) pour les trois paramètres.

### **2.2. Analyse statistique des paramètres comportementaux autres que l'expression faciale**

Les paramètres comportementaux relevés en direct, nombre de refus de placement et nombre de déplacements de membre, ont été analysés en occurrence sur les 20 premières minutes de radiographie. Le nombre de fouilllements de queue n'a pas été analysé statistiquement car une seule occurrence a été relevée (dans le groupe « témoin avec bonnet »). Les autres comportements, codés à partir des vidéos, ont été convertis en fréquence par minute. Cette fréquence a été calculée en divisant le nombre d'occurrences par la durée d'observation (en minute). Une somme des fréquences

des mouvements de tête a été calculée en sommant la fréquence des mouvements de tête verticaux, des mouvements de tête de relevé rapide et des coups de tête.

Un score de manipulation a également été calculé, dans le but d'estimer la facilité avec laquelle les vétérinaires ont pris les radiographies. Ses composantes étaient :

- le temps moyen par radiographie, calculé en divisant le nombre de clichés radiographiques effectué pendant les 20 premières minutes de manipulation par le temps mis pour faire ces clichés.

Score : 0 si  $\leq 5$  min ; 1 si  $> 5$  min ;

- nombre de refus de placement. Score : 0 si égal à 0 ; 1 si ] 0;4 [ ; 2 si  $\geq 4$  ;

- nombre de déplacements de membre : 0 si égal à 0 ; 1 si  $> 0$  ;

- nombre de clichés repris, correspondant au nombre de clichés repris à cause d'un mouvement du cheval : 0 si égal à 0 ; 1 si  $> 0$ .

En sommant ces composantes un score sur cinq a été obtenu.

Les occurrences (refus de placement et déplacement de membre), les fréquences (les différents mouvements de tête, mouvements des oreilles, clignements de l'œil et assimilé) et le score de manipulation ont été comparés deux à deux entre les chevaux des trois catégories, à l'aide du test de Mann-Whitney. Le risque d'erreur  $\alpha$  a été corrigé avec la méthode de Holm (Bender et Lange, 2001) pour d'une part les comportements exprimés en occurrence et le score de manipulation, ces paramètres se rapportant à la même hypothèse de la facilité de manipulation, et d'autre part les comportements exprimés en fréquence, se rapportant à l'hypothèse de la diminution du stress exprimé.

### **2.3. Analyse statistique des paramètres cardiaques**

Cinq périodes des électrocardiogrammes (ECG) obtenus ont été découpées : la minute précédant les premiers effets de la sédation visible sur l'ECG, la minute suivant les premiers effets de la sédation visible sur l'ECG, les 20 premières minutes en salle de radiographie, les deux minutes suivant la sortie de la salle de radiographie, et les deux minutes suivant la fin de la musique. Les intervalles RR ont été extraits des ECG avec le logiciel Televet 100®, et les artefacts corrigés manuellement. Pour chaque période et chaque cheval une moyenne des intervalles RR a été calculée avec le logiciel Microsoft Excel®. Pour pouvoir comparer l'effet de la musique sur les chevaux en

tenant compte des effets individuels de la sédation sur la fréquence cardiaque, le paramètre suivant a été créé :

Intervalle  $RR_{radio} = (\text{intervalle RR moyen pendant les 20 premières minutes de radiographie}) - [(\text{intervalle RR moyen de la minute après la sédation}) - (\text{intervalle RR moyen de la minute avant la sédation})]$ .

La sédation diminue la fréquence cardiaque, et donc augmente les intervalles RR. La soustraction des intervalles RR après et avant la sédation permet d'estimer l'effet individuel de la sédation sur l'intervalle RR moyen. Cet effet est soustrait à l'intervalle RR moyen pendant les 20 premières minutes de radio. Le paramètre obtenu, « l'intervalle  $RR_{radio}$  », représente l'intervalle RR moyen du cheval pendant les radiographies sans l'effet de la sédation sur ce cheval.

Les intervalles  $RR_{radio}$ , les intervalles RR moyens des deux minutes suivant la sortie de la salle de radiographie et les intervalles RR moyens des deux minutes suivant la fin de la musique ont été comparés deux à deux entre les chevaux des trois catégories à l'aide du test de Mann-Whitney. Le risque d'erreur  $\alpha$  a été corrigé avec la méthode de Holm (Bender et Lange, 2001) pour les deux derniers paramètres.

### 3. Résultats

Deux chevaux ont reçu un tranquillisant, de l'acépromazine, avant la sédation. L'un appartenait au groupe témoin avec bonnet. Une tranquillisation a été décidée car le cheval avait présenté des réactions très violentes et dangereuses par le passé lors d'examens radiographiques. Il a reçu 0,02 mg/kg d'acépromazine par voie intraveineuse (Calmivet® Solution injectable), 10 min avant le début des tests. Cette dose est relativement faible (posologie de 0,05 à 0,10 mg/kg recommandée). Le second appartenait au groupe bonnet et musique et a reçu 0,18 mg/kg d'acépromazine sous forme de granulés (Vetranquil® Granulés 1%), six heures avant le début des tests, dans le but de faciliter son embarquement dans le camion pour venir à la clinique. La dose reçue est moyenne (posologie de 0,05 à 0,30 mg/kg recommandée) et faisait encore effet au moment des tests. L'impact de la tranquillisation sur les comportements est considéré négligeable par rapport à celle de la sédation.

### **3.1. Influence de la musique sur les paramètres comportementaux**

Nous n'avons pas montré de différence significative de comportement entre les chevaux du groupe « témoin simple » et les chevaux du groupe « témoin avec bonnet » concernant les variables relatives à l'expression faciale et aux fréquences et occurrences de comportements (tableau 6). De même nous n'avons pas montré de différence significative de comportement entre les chevaux du groupe « témoin simple » et les chevaux du groupe « bonnet et musique » d'une part et les chevaux du groupe « témoin avec bonnet » et les chevaux du groupe « bonnet et musique » d'autre part (tableau 6).



Tableau 6 : Comparaison des paramètres et scores comportementaux entre les trois groupes « témoin simple », « témoin avec bonnet » et « bonnet et musique » afin d'étudier l'effet de la musique sur le stress des chevaux lors d'examen radiographiques.  $\alpha = 0,05$  avec correction de Holm pour chaque type de données.

Type de données	Comportements	Médianes (distances interquartiles p25 ; p75)			Degré de signification Test de Mann-Whitney (U ; p)		
		Témoin simple n = 6	Témoin bonnet n = 5	Bonnet + musique n = 5	Témoin simple vs. Témoin bonnet	Témoin bonnet vs. Bonnet + musique	Témoin simple vs. Bonnet + musique
Moyennes	Tension et angle du sourcil	1,14 (1,00 ; 1,50)	1,47 (1,03 ; 1,56)	0,98 (0,49 ; 1,53)	(12,5 ; 0,71)	(13,0 ; 0,56)	(15,0 ; 0,59)
	Ouverture de l'œil	0,05 (0,01 ; 0,12)	0,44 (0,29 ; 0,58)	0,12 (0,08 ; 0,17)	(7,5 ; 0,20)	(17,0 ; 0,11)	(9,0 ; 0,59)
	Plissement et ouverture du naseau	1,22 (0,64 ; 1,48)	0,27 (0,21 ; 0,50)	0,18 (0,10 ; 0,27)	(23,0 ; 0,18)	(15,0 ; 0,29)	(20,0 ; 0,11)
Fréquences	Score d'expression faciale	2,56 (1,72 ; 3,18)	2,41 (1,53 ; 2,56)	1,37 (0,70 ; 2,03)	(18,0 ; 0,66)	(16,0 ; 0,19)	(20,0 ; 0,11)
	Mouvement de l'oreille	7,76 (4,90 ; 13,41)	7,06 (3,70 ; 7,73)	8,87 (4,76 ; 10,11)	(19,0 ; 0,54)	(6,0 ; 0,22)	(16,0 ; 0,93)
	Mouvement de tête vertical	0,43 (0,12 ; 0,73)	0,37 (0,26 ; 0,45)	0,52 (0,47 ; 0,63)	(14,0 ; 0,93)	(6,5 ; 0,25)	(13,0 ; 0,79)
Occurrences	Mouvement de tête de relevé rapide	0,15 (0,03 ; 0,42)	0,26 (0,17 ; 0,30)	0,26 (0,13 ; 0,35)	(12,5 ; 0,71)	(11,5 ; 0,92)	(14,0 ; 0,93)
	Coup de tête	0,27 (0,05 ; 2,29)	0,70 (0,05 ; 0,77)	0,16 (0,05 ; 0,31)	(11,0 ; 0,52)	(18,0 ; 0,29)	(18,5 ; 0,58)
	Somme des mouvements de tête	1,02 (0,40 ; 2,29)	0,85 (0,80 ; 1,29)	0,89 (0,87 ; 1,12)	(14,0 ; 0,93)	(12,0 ; 1,00)	(16,0 ; 0,93)
Occurrences	Ebrouement de la tête	0,00 (0,00 ; 0,00)	0,00 (0,00 ; 0,00)	0,00 (0,00 ; 0,05)	(17,5 ; 0,47)	(7,5 ; 0,18)	(11,5 ; 0,49)
	Calignement de l'œil et assimilé	8,53 (6,30 ; 11,53)	11,05 (10,61 ; 14,28)	13,35 (10,24 ; 17,36)	(8,0 ; 0,25)	(8,0 ; 0,73)	(6,0 ; 0,26)
	Refus de placement	0 (0 ; 0)	0 (0 ; 4)	0 (0 ; 0)	(11,5 ; 0,49)	(16,0 ; 0,44)	(15,0 ; 1,00)
Occurrences	Déplacement de membre	0 (0 ; 0)	1 (0 ; 1)	0 (0 ; 0)	(9,5 ; 0,29)	(18,0 ; 0,23)	(15,0 ; 1,00)
	Score de manipulation	0 (0 ; 0,75)	2 (1 ; 2)	1 (1 ; 2)	(5,0 ; 0,07)	(17,0 ; 0,37)	(9,0 ; 0,29)

### 3.2. Influence de la musique sur les paramètres cardiaques

Aucune différence significative n'a été mise en évidence entre les groupes « témoin simple », « témoin avec bonnet » et « bonnet et musique » concernant les intervalles RR<sub>radio</sub>, les intervalles RR des deux minutes après la sortie de la salle de radiographie et les intervalles RR des deux minutes après la fin de la musique (tableau 7).

Tableau 7 : Comparaison des intervalles RR moyens entre les trois groupes « témoin simple », « témoin avec bonnet » et « bonnet et musique » afin d'étudier l'effet de la musique sur le stress des chevaux lors d'exams radiographiques.  $\alpha = 0,05$  avec correction de Holm pour les deux derniers paramètres.

Moyenne des intervalles RR (en ms)	Valeurs		Médianes (distances interquartiles p25 ; p75)		Degré de signification Test de Mann-Whitney (U ; p)		
	Témoin simple n = 2 puis n = 3	Témoin bonnet n = 5	Bonnet + musique n = 5	Témoin simple vs. Témoin bonnet	Témoin bonnet vs. Bonnet + musique	Témoin simple vs. Bonnet + musique	
Intervalle RR <sub>radio</sub>	-536 ; 786	608 (514 ; 660)	-637 (-794 ; 657)	(4,0 ; <b>0,86</b> )	(18,0 ; <b>0,31</b> )	(7,0 ; <b>0,57</b> )	
Intervalle RR des 2 min après la sortie de la salle de radiographie	1902 ; 2100 ; 2302	2133 (1624 ; 2608)	2104 (1988 ; 2218)	(7,0 ; <b>1,00</b> )	(13,0 ; <b>1,00</b> )	(6,0 ; <b>0,79</b> )	
Intervalle RR des 2 min après la fin de la musique	1938 ; 2221 ; 2288	2138 (2124 ; 2465)	1909 (1906 ; 2216)	(7,0 ; <b>1,00</b> )	(17,0 ; <b>0,42</b> )	(11,0 ; <b>0,39</b> )	

Intervalle RR<sub>radio</sub> = (intervalle RR moyen pendant les 20 premières minutes de radiographie) – [(intervalle RR moyen de la minute après la sédation) – (intervalle RR moyen de la minute avant la sédation)].

### 3.3. Facteurs de confusion et groupes comparés

Les doses de sédation utilisées dans les trois groupes étaient proches de 7,00 µg/kg tant pour la détomidine que pour le butorphanol (tableau 8). La dose de sédation n'est donc *a priori* pas un facteur de confusion ici. Le type de radiographie effectué dans chaque groupe était aussi similaire, ce qui conduit aussi au fait que le type de radiographie n'est *a priori* pas un facteur de confusion.

Le temps moyen par radiographie était presque deux fois plus important pour le groupe « témoin avec bonnet » que pour le groupe « témoin simple » (tableau 8). Le temps moyen par radiographie du groupe « bonnet et musique » se situe entre les deux valeurs des deux autres

groupes. Il est possible que plus le temps moyen par radiographie est court, plus le stress pour le cheval est important, car il est davantage manipulé pour une même durée d'expérience. Les conditions expérimentales du groupe « témoin avec bonnet » pourraient donc être moins stressantes que pour les deux autres groupes.

Seulement trois individus sur cinq ont subi des radiographies d'axe dans le groupe « bonnet et musique » contrairement à quatre sur six et cinq, respectivement dans les groupes « témoin simple » et « témoin avec bonnet » (tableau 8). Pour prendre des radiographies de membres, davantage de manipulations du cheval sont nécessaires, et donc ces radiographies pourraient entraîner plus de stress. Il est possible que le stress subi par le groupe « bonnet et musique » ait été plus important comparé au deux autres groupes.

La présence du clinicien lors des radiographies différait selon les groupes (tableau 8) : il était toujours présent lors des radiographies des chevaux du groupe « témoin avec bonnet », mais absent pour quatre chevaux sur six pour le groupe « témoin simple » et pour deux chevaux sur cinq pour le groupe « bonnet et musique ». Son influence sur le stress des chevaux nous paraît cependant minime, sa présence ne semblant pas modifier le déroulement de la prise de clichés radiographiques pendant les 20 premières minutes.

Tableau 8 : Description des facteurs de confusion potentiels de l'effet de la musique sur le stress des chevaux lors d'examen radiographiques.

Paramètres mesurés	Témoin simple	Témoin bonnet	Bonnet et musique
	n=6	n=5	n=5
<b>Médianes (distances interquartiles p25 et p75)</b>			
Dose de sédatif chlorhydrate de détomidine (µg/kg)	7,14 (6,47 ; 7,55)	6,90 (6,90 ; 7,02)	6,90 (6,82 ; 8,33)
Dose de sédatif butorphanol (µg/kg)	6,70 (5,13 ; 7,55)	8,33 (5,26 ; 8,62)	6,82 (1,91 ; 6,90)
Temps moyen par cliché radio (min)	4.5 (3,25 ; 5)	8 (4 ; 10)	6 (5 ; 6)
<b>Description des groupes</b>			
Type de radio			
de membres	2	1	2
d'axe	4	4	3
Manipulateur(s)			
clinicien et interne	2	5	3
interne	4	0	2

## 4. Discussion

### 4.1. Une étude préliminaire

Cette expérience visait à explorer l'effet de la musique sur le stress des chevaux lors d'examens radiographiques. Le nombre de chevaux recrutés pour cette étude ne permet pas de conclure quant à un éventuel effet de la musique diffusée *via* un bonnet audio spécialement conçu pour les chevaux, mais permet d'évaluer la pertinence du protocole, qui est discutée dans la partie suivante 4.2.

L'analyse des paramètres comportementaux n'a pas révélé de différences significatives entre les trois groupes : « témoin simple », « témoin avec bonnet » et « bonnet et musique ». Les résultats des scores des paramètres d'expression faciales : tension et angle du sourcil et plissement et ouverture du naseau, semblent cependant cliniquement différents. Les autres paramètres comportementaux ne semblent pas différents. Un manque de puissance statistique est possible au vu de ces résultats. Une étude incluant un plus grand nombre de sujets serait nécessaire. Dans les deux études de Ferard *et al.* (2014, 2015) sur l'effet du même dispositif sur le stress de chevaux lors de transport, de maréchalerie, et d'un parcours en main, deux paramètres comportementaux différaient entre les groupes avec musique et sans musique : les oreilles des chevaux étaient plus souvent droites et moins souvent orientées vers l'arrière avec musique que sans, et l'encolure plus souvent haute avec musique que sans musique. Ces deux paramètres n'ont pas été mesurés dans notre étude, car la sédation les influence : les chevaux sédatisés ont l'encolure basse et les oreilles orientées vers l'arrière (Diego *et al.*, 2016). Les réactions comportementales du cheval sédatisé vont se traduire non pas par des changements de position mais par des mouvements ponctuels, avec retour rapide à la position initiale. C'est pour cette raison que les mouvements des oreilles et les mouvements d'encolure ont été relevés et non les positions. Les différences statistiques relevées par Ferard *et al.* (2014, 2015) ainsi que la diminution significative des comportements de stress chez de jeunes chevaux isolés publiée par Wilson *et al.* (2011) nous orienteraient vers un manque de puissance statistique de notre étude plutôt qu'une absence d'effet de la musique sur les paramètres comportementaux. Cependant, dans aucune de ces études les degrés de signification n'ont été corrigés pour la multiplicité des tests. La significativité de ces tests doit donc être interprétée avec précaution.

Par ailleurs, il est possible que l'absence de résultats significatifs dans nos expériences ne soit pas due à un manque de puissance statistique mais à une absence d'effet de la musique classique sur le stress des chevaux dans la situation étudiée. Plusieurs hypothèses sont à envisager :

- un niveau de stress insuffisant : l'effet relaxant de la musique pourrait avoir des conséquences mesurables sur le comportement du cheval uniquement à partir d'un certain seuil de stress. Le stress subi lors des tests de notre étude serait en-dessous de ce seuil. Cette hypothèse n'est cependant pas confortée par la littérature : Wilson *et al.* (2011) ont observé une diminution du stress lorsque la musique était diffusée à de jeunes chevaux subissant un événement les stressant modérément : la présence d'un étalon à proximité de leurs boxes ;
- des mécanismes cognitifs différents selon l'habituation : la nouveauté de ce stimulus auditif contrebalancerait les effets positifs de la musique. Des périodes d'habituation seraient nécessaires pour que le cheval ne porte plus son attention sur la musique comme sur un stimulus nouveau, et que la musique puisse agir sur les aires corticales associées aux effets bénéfiques de la musique. Une période d'habituation étant difficilement envisageable dans un contexte de soins ou d'exams ponctuels, cette hypothèse remet en cause l'intérêt du bonnet audio lors de soins ou d'exams vétérinaires.
- la sédation modifierait la perception de la musique : le niveau du volume nécessaire à une bonne intégration du son serait plus important chez le cheval sédaté que chez le cheval non sédaté. Nous n'avons pas de connaissances précises sur la perception des sons par les chevaux sédatés. Mama *et al.* (2009) ont observé que les réactions comportementales aux bruits de chevaux sédatés avec 30 µg/kg de détomidine diminuaient, sans que l'on sache pourquoi cette réaction diminue : modification de l'intégration du son ou réaction comportementale diminuée mais intégration non modifiée ?

De même nous n'avons pas mis en évidence de différence significative d'intervalle RR moyen entre les chevaux des trois conditions, ni pendant les radiographies, ni après, et cliniquement, les moyennes ne semblent pas différentes. Neveux *et al.* (2016) avaient observé une meilleure récupération cardiaque des chevaux après un transport en van lorsque de la musique leur était diffusée pendant ce transport. Nous n'avons pas retrouvé ces résultats avec nos conditions d'expérimentations. Les mêmes raisons évoquées pour les paramètres comportementaux peuvent l'expliquer.

#### **4.2. Analyse de la pertinence des paramètres mesurés et des facteurs de confusion potentiels**

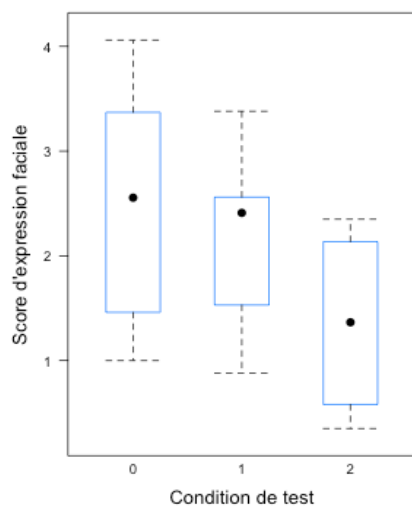
L'évaluation de l'émotivité des chevaux par l'observation de leur montée sur la balance semble discriminer correctement les chevaux. Sur les 16 chevaux étudiés, quatre ont été classés comme peu réactifs, sept moyennement réactifs, cinq très réactifs. Ce classement concordait avec la perception empirique que l'investigateur de l'étude et le clinicien avait du cheval pendant l'examen locomoteur. Aucun cheval n'a hennit, ce paramètre n'était donc pas discriminant et aurait pu être retiré du test. Il serait intéressant de comparer le classement des chevaux suite à ce test à l'évaluation des chevaux par les tests de tempérament de l'Institut français du cheval et de l'équitation (Vidament et Rizo, 2015).

Les facteurs de confusion potentiels relevés dans l'étude semblent pertinents. Le biais de confusion dû à la dose de sédatifs administrée est *a priori* éliminé grâce au tirage au sort et à l'appariement sur l'émotivité. En effet les chevaux très émotifs recevaient plus de sédation que ceux peu émotifs, et les chevaux de chaque catégorie d'émotivité étaient également répartis dans les trois groupes expérimentaux. En conséquences on observe qu'il y a peu de différences de dose de sédatifs entre les trois groupes étudiés. Les biais de confusion dus au temps moyen par radiographie et au type de radiographie effectué devraient être également éliminés avec le tirage au sort. Dans notre étude le faible nombre de sujets explique la différence des valeurs de ces paramètres entre les trois groupes. Cependant, il a été observé que le type de radiographie influe directement, et de façon importante, sur les manipulations des chevaux et donc sur leur stress. Choisir un seul type de radiographie permettrait d'avoir un protocole plus homogène entre les individus. Les radiographies d'axe permettraient d'avoir des manipulations très similaires entre chaque individu mais moins nombreuses que pour les radiographies de membres, et donc potentiellement moins stressantes.

L'analyse des données des vidéos a été réalisée par le même investigateur qui a effectué la moitié des tests. Un biais de classement différentiel est donc probablement présent. En effet, cet investigateur pouvait reconnaître sur les vidéos quels chevaux avaient entendu la musique pendant les tests. Il est ainsi possible qu'il ait inconsciemment attribué aux chevaux ayant entendu la musique des scores de paramètres d'expression faciale moins élevés qu'aux chevaux n'en ayant pas entendu. La différence de score d'expression faciale entre les groupes « témoin simple » et « bonnet et musique » d'une part, et « témoin avec bonnet » et « bonnet et musique » d'autre part, peut donc être augmentée. Les résultats n'étant pas significatifs, ce biais n'a pas de conséquence sur les

conclusions de l'étude. Mais les valeurs des paramètres comportementaux doivent être comparées en en tenant compte. La comparaison des scores d'expression faciale entre les chevaux des groupes « témoin simple », « témoin avec bonnet » et « bonnet et musique » en est un bon exemple (figure 8). Les scores d'expression faciale sont plus élevés pour le groupe « témoin simple » que pour le groupe « témoin avec bonnet », qui sont eux-mêmes plus élevés que pour le groupe « bonnet et musique ». Cette différence dans l'échantillon provient soit d'une réelle différence, soit du biais de classement différentiel. Il serait très intéressant de répéter l'expérience avec un échantillon de taille plus importante afin d'obtenir des estimations plus précises, mais une analyse des vidéos en aveugle est indispensable pour pouvoir conclure. Ce n'était pas possible dans nos expériences.

Figure 8 : Comparaison des scores d'expression faciale entre les chevaux des groupes « témoin simple » (0, n = 6), « témoin avec bonnet » (1, n = 5), et « bonnet et musique » (2, n = 5), illustrant un éventuel biais de classement différentiel. Aucune différence significative n'a été notée.  $\alpha = 0,05$  avec correction de Holm.



Le point central représente la médiane.  
Les boîtes s'étendent du 1<sup>er</sup> au 3<sup>e</sup> quartile.  
Les moustaches représentent les valeurs extrêmes.

### **4.3. Perspectives de l'étude**

#### ***4.3.1. Étudier les expressions faciales induites par le stress chez les chevaux***

L'étude de l'effet de la musique sur les chevaux ne peut se faire sans paramètres comportementaux précis et appuyés par des articles scientifiques pertinents. Or les publications sont rares, et celles provenant d'études rigoureusement conduites pour réaliser de l'inférence causale encore plus rares. Les études sur l'expression faciale et la douleur sont de plus en plus nombreuses (Sas *et al.*, 2014 ; Costa *et al.*, 2014, 2016 ; Gleerup *et al.*, 2015 ; van Loon et Van Dierendonck, 2015 ; Van Dierendonck et van Loon, 2016). Les différents mouvements des muscles de la face ont récemment été synthétisés dans un outil performant : l'EquiFACS (Wathan *et al.*, 2015), qui laisse envisager de futures publications sur la valence émotionnelle de chaque expression faciale. Mais actuellement aucune étude n'explore le lien entre les expressions faciales et le stress non associé à la douleur.

Nos résultats concernant l'expression faciale des chevaux apportent deux éléments novateurs importants :

- certaines modifications de l'expression faciale des chevaux telles qu'elles sont décrites dans les échelles de douleur (Costa *et al.*, 2014; Gleerup *et al.*, 2015) ont été observées chez des chevaux non algiques soumis à un événement stressant. La figure 9 présente différents degrés de plissement et d'ouverture des naseaux, observés pendant nos tests. Costa *et al.* (2014) s'interrogeaient sur la différence d'expression faciale entre un état de stress et un état douloureux, leur étude ne leur permettant pas de l'explorer. Au vu de nos observations, il semble que certains éléments de l'expression faciale décrits précédemment dans les échelles de douleur expriment des émotions négatives, sans que l'on puisse différencier entre un stress physique ou mental.
- ces modifications de l'expression faciale ont également été observées chez des chevaux sédatisés. L'évaluation de la douleur et du stress grâce aux expressions faciales serait donc possible même chez le cheval sédaté. Les applications sont nombreuses : meilleure évaluation de la douleur des chevaux opérés debout, meilleure anticipation des réactions des chevaux sédatisés lors de soins, et meilleure gestion de l'analgésie des chevaux en colique gérés médicalement. L'étude de Diego *et al.* (2016) et notre étude permettent une première description du faciès du cheval sédaté et des différentes expressions faciales qu'il peut exprimer. Nous avons observé, comme Diego *et al.* (2016), une relaxation générale des muscles de la face, un positionnement en arrière des oreilles et



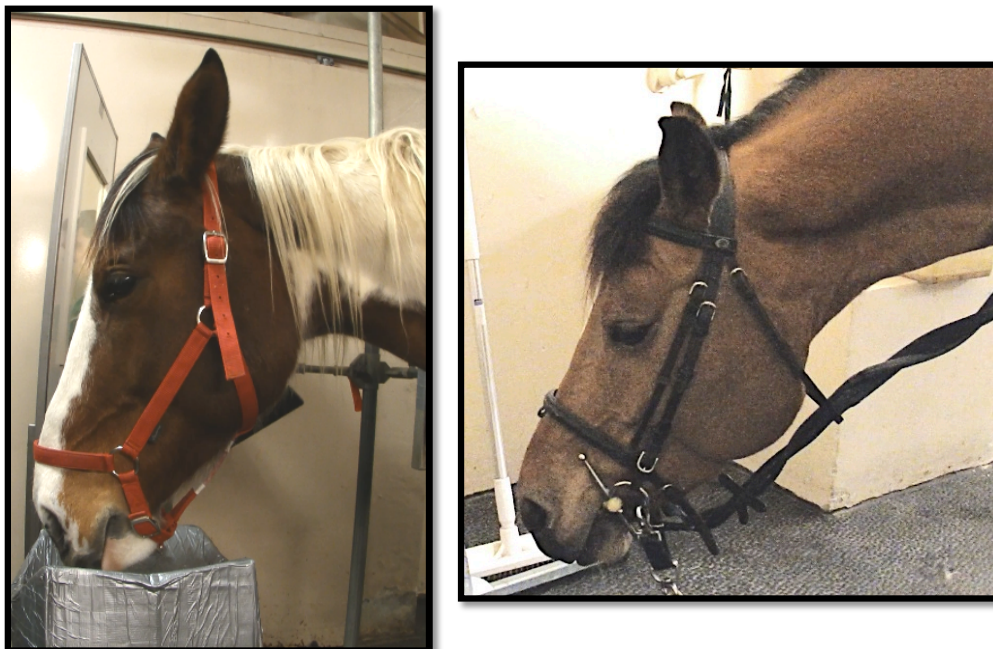
une légère fermeture de l'œil chez nos chevaux sédatisés. Mais contrairement à leur étude, pour étudier le stress des chevaux nous nous sommes intéressés à des modifications de l'expression faciale dues à une contraction très localisée de certaines régions de la tête. Nous avons observé des variations importantes de ces composantes de l'expression faciale, tels le plissement et l'ouverture du naseau, ou l'angle du sourcil. Des études supplémentaires sont nécessaires pour caractériser ces expressions faciales du cheval sédatisé en fonction de son état mental et physique : non stressé, stressé non douloureux et douloureux, mais aussi en fonction de la dose de sédatif administré. Utiliser l'EquiFACS (Wathan *et al.*, 2015), un système de codage des mouvements de la face du cheval basé sur l'action des muscles, permettrait une caractérisation très précise des expressions faciales observées.

Nos observations nous permettent de préciser, de façon empirique, l'expression faciale du cheval sédatisé décrite par Diego *et al.* (2016). Il semblerait que chez le cheval sédatisé en situation non stressante, l'angle du sourcil soit plus accentué que chez un cheval non sédatisé au repos (figure 9). Les unités d'action faciale « le profil des naseaux aplati » et « la bouche tendue et le menton prononcé » décrites dans l'HGS (Costa *et al.*, 2014) étaient observables chez certains de nos chevaux bien que nous ne les ayons pas relevés (figure 9). Il semblerait également que des variations individuelles dans l'expression du stress existent entre les chevaux, certains étirant leurs naseaux mais variant peu l'angle de leur paupière, et inversement.

#### **4.3.2. Une étude à plus grande échelle ?**

Cette étude a montré la faisabilité et la pertinence du protocole. Il serait intéressant de répéter ces expériences sur un plus grand nombre d'individus. La structure d'accueil risque d'être un facteur limitant dans cet objectif, bien que le cadre universitaire soit par ailleurs idéal pour les expérimentations. À l'ENVA seulement un à deux chevaux par semaine répondent aux critères d'inclusion de l'étude. Une structure avec un nombre de consultations de locomotion plus important paraît nécessaire.

Figure 9 : Deux degrés de plissement et d'ouverture des naseaux différents chez le cheval sédaté.



A gauche naseau relâché, à droite naseau étiré et plissé. Notons que la conformation des naseaux est différente chez ces deux chevaux, la notation doit en tenir compte. Léger angle du sourcil chez les deux chevaux. Présence de l'unité d'action faciale « la bouche tendue et le menton prononcé », bien que non relevée dans notre étude.

Le bonnet audio HorseCom® a été développé dans le but d'être utilisé par les propriétaires de chevaux lors de l'entraînement de leurs chevaux, avec des musiques rythmées, mais aussi à l'écurie pour relaxer le cheval avec des musiques classiques. Les chevaux inclus dans notre étude n'avaient jamais porté ce bonnet audio. Chez les chevaux de propriétaire utilisant ce bonnet audio, une habitude du cheval au matériel ainsi qu'une association entre les situations vécues et la musique a probablement lieu, tandis que lors des premières utilisations les effets positifs pourraient être contrebalancés par la nouveauté de l'expérience. Dans ce cadre, il serait intéressant de comparer l'influence de la musique diffusée *via* le bonnet sur le stress en situation de soins vétérinaires entre des chevaux « utilisateurs » réguliers du bonnet HorseCom® et des chevaux « novices ».

Ce bonnet audio est un outil scientifique intéressant car il permet d'étudier l'effet potentiel de la musique uniquement sur l'animal. Le comportement des personnes manipulant ou observant l'animal n'est pas modifié par une musique qui serait diffusée dans l'ensemble de la salle, ce comportement influençant l'état de stress de l'animal. Remarquons que ce type de protocole est nouveau, la quasi totalité des études présentées dans la partie bibliographique ne prennent pas en compte cet effet indirect de la musique. Comme Wallace *et al.* (2013) nous le font remarquer, cet effet de la musique sur les humains constitue un facteur de confusion important. Le bonnet est donc un outil intéressant pour étudier l'effet de la musique sur les chevaux, mais nous n'avons pas mis en évidence d'intérêt d'utiliser ce bonnet audio lors d'examens radiographiques.

## CONCLUSION

Certaines musiques améliorent le bien-être des animaux comme des humains, en diminuant leur stress psychologique et physiologique. Dans certains hôpitaux humains, la musique est déjà utilisée en thérapie complémentaire. Elle diminue l'anxiété des patients, notamment avant, pendant et après des interventions désagréables à douloureuses. Dans notre étude nous n'avons pas observé d'effet significatif de la musique sur le comportement de chevaux sédatisés lors d'exams radiographiques. Les expressions faciales des chevaux, leur facilité de placement pour les radiographies, et les mouvements à valence émotionnelle négative ne différaient pas entre les chevaux entendant la musique diffusée grâce à un bonnet audio et les deux groupes témoins. De même l'écoute de la musique ne semble pas avoir modifié le stress physiologique des chevaux, objectivé par la mesure des intervalles RR moyens. Bien que de précédentes études chez le cheval rapportent une diminution du stress à la fois lors de diffusion de musique dans les écuries et lors d'événements stressants, nous n'avons pas observé ces résultats. Cependant l'expression faciale des chevaux entendant la musique semble différente de celle des chevaux n'en entendant pas. Nos trois hypothèses explicatives sont un manque de puissance statistique, une absence d'effet de la musique sur le stress des chevaux, soit une intégration de la musique non comme un stimulus apaisant mais comme un stimulus nouveau de l'environnement, et donc stressant, contrebalançant l'effet positif supposé de la musique sur le stress des chevaux.

L'expression faciale du cheval a été utilisée dans cette étude pour évaluer le stress de chevaux sédatisés. C'est, à notre connaissance, la première fois qu'elle est utilisée dans ces contextes : d'une part pour le stress et non la douleur, et d'autre part sur des chevaux sédatisés. Nos observations révèlent que les expressions observées chez les chevaux algiques sont aussi observées chez les chevaux stressés, et chez les chevaux sédatisés. Des perspectives de recherche intéressantes s'ouvrent avec des applications nombreuses et fondamentales, notamment en médecine vétérinaire, par exemple l'évaluation de la douleur chez les chevaux sédatisés.

Afin d'explorer l'hypothèse d'un manque de puissance statistique, une étude avec un nombre de sujets plus important serait intéressante. Dans l'attente de nouvelles études, et en se basant sur les études réalisées sur d'autres espèces animales, nous conseillons aux personnes qui souhaiteraient

diffuser de la musique aux chevaux *via* le bonnet ou par des haut-parleurs, dans le but de diminuer le stress des chevaux en salle de radiographie ou dans toute autre situation, de porter une attention particulière au choix de la musique. Les musiques classiques avec un rythme lent, de faibles variations d'intensité, et des harmonies simples sont conseillées.

## BIBLIOGRAPHIE

- AKIYAMA K., SUTOO D. Effect of different frequencies of music on blood pressure regulation in spontaneously hypertensive rats. *Neurosci. Lett.*. 2011, **487**, 58-60.
- ALBERGHINA D., CAUDULLO E., BANDI N., PANZERA M. A comparative analysis of the acoustic structure of separation calls of Mongolian wild horses (*Equus ferus przewalskii*) and domestic horses (*Equus caballus*). *J. Vet. Behav. Clin. Appl. Res.*. 2014, **9**, 254-257.
- ALTMANN J. Observational Study of Behavior: Sampling Methods. *Behaviour*. 1974, **49**, 227-266.
- ALWORTH LC., BUERKLE SC. The effects of music on animal physiology, behavior and welfare. *Lab Anim.*. 2013, **42**, 54-61.
- BECHTOLD ML., PULI SR., OTHMAN MO., BARTALOS CR., MARSHALL JB., ROY PK. Effect of Music on Patients Undergoing Colonoscopy: A Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials. *Dig. Dis. Sci.*. 2009, **54**, 19-24.
- BENDER R., LANGE S. Adjusting for multiple testing - when and how?. *J. Clin. Epidemiol.*. 2001, **54**, 343-349.
- BLOOD AJ., ZATORRE RJ. Intensely pleasurable responses to music correlate with activity in brain regions implicated in reward and emotion. *Proc. Natl. Acad. Sci. U. S. A.*. 2001, **98**, 11818-11823.
- BOWMAN A., SPCA S., DOWELL FJ., EVANS NP. 'Four Seasons' in an animal rescue centre; classical music reduces environmental stress in kennelled dogs. *Physiol. Behav.*. 2015, **143**, 70-82.
- BREGMAN MR., IVERSEN JR., LICHMAN D., REINHART M., PATEL AD. A method for testing synchronization to a musical beat in domestic horses (*Equus ferus caballus*). *Empir. Musicol. Rev.*. 2012, **7**, 144-156.
- BRENT L., WEAVER D. The physiological and behavioral effects of radio music on singly housed baboons. *J. Med. Primatol.*. 1996, **25**, 370-374.
- BRESIN R., FRIBERG A. Emotion rendering in music: Range and characteristic values of seven musical variables. *Cortex*. 2011, **47**, 1068-1081.
- BUSSIÈRES G., JACQUES C., LAINAY O., BEAUCHAMP G., LEBLOND A., CADORÉ J-L., et al. Development of a composite orthopaedic pain scale in horses. *Res. Vet. Sci.*. 2008, **85**, 294-306.
- CAMPO JL., GIL MG., DÁVILA SG. Effects of specific noise and music stimuli on stress and fear

- levels of laying hens of several breeds. *Appl. Anim. Behav. Sci.*. 2005, **91**, 75-84.
- CARTER CF., GREENING L. Auditory stimulation of the stabled equine, the effect of different music genres on behaviour. 2012,. Présenté à Proceedings of the 8th International Equitation Science Conference, Royal (Dick) Veterinary School, Edinburgh, p. 167.
- CHASE AR. Music discriminations by carp (*Cyprinus carpio*). *Anim. Learn. Behav.*. 2001, **29**, 336-353.
- CLARKE KW., PATON BS. Combined use of detomidine with opiates in the horse. *Equine Vet. J.*. 1988, **20**, 331-334.
- CLOUTIER S., WEARY DM., FRASER D. Can Ambient Sound Reduce Distress in Piglets During Weaning and Restraint?. *ResearchGate*. 2000, **3**, 107-116.
- COLE LC., LOBIONDO-WOOD G. Music as an Adjuvant Therapy in Control of Pain and Symptoms in Hospitalized Adults: A Systematic Review. *Pain Manag. Nurs.*. 2014, **15**, 406-425.
- COOPER L., FOSTER I. The use of music to aid patients' relaxation in a radiotherapy waiting room. *Radiography*. 2008, **14**, 184-188.
- COSTA ED., MINERO M., LEBELT D., STUCKE D., CANALI E., LEACH MC. Development of the Horse Grimace Scale (HGS) as a Pain Assessment Tool in Horses Undergoing Routine Castration. *PLOS ONE*. 2014, **9**, e92281.
- COSTA ED., STUCKE D., DAI F., MINERO M., LEACH MC., LEBELT D. Using the Horse Grimace Scale (HGS) to Assess Pain Associated with Acute Laminitis in Horses (*Equus caballus*). *Anim. Open Access J. MDPI*. 2016, **6**.
- CRAWFORD HJ., STRAPP CM. Effects of vocal and instrumental music on visuospatial and verbal performance as moderated by studying preference and personality. *Personal. Individ. Differ.*. 1994, **16**, 237-245.
- DAVILA SG., CAMPO JL., GIL MG., PRIETO MT., TORRES O. Effects of auditory and physical enrichment on 3 measurements of fear and stress (tonic immobility duration, heterophil to lymphocyte ratio, and fluctuating asymmetry) in several breeds of layer chicks. *Poult. Sci.*. 2011, **90**, 2459-2466.
- DE JONGE FH., BOLEIJ H., BAARS AM., DUDINK S., SPRUIJT BM. Music during play-time: Using context conditioning as a tool to improve welfare in piglets. *Appl. Anim. Behav. Sci.*. 2008, **115**, 138-148.
- DE LAHUNTA A. *Veterinary neuroanatomy and clinical neurology*, 3rd ed. 2009, Saunders, San Louis, 540 p.
- DHABHAR FS. Enhancing versus Suppressive Effects of Stress on Immune Function: Implications

for Immunoprotection versus Immunopathology. *Allergy Asthma Clin. Immunol.* 2008, **4**, 2.

DIEGO R., DOUET C., REIGNER F., BLARD T., COGNIÉ J., DELEUZE S., et al. Influence of transvaginal ultrasound-guided follicular punctures in the mare on heart rate, respiratory rate, facial expression changes, and salivary cortisol as pain scoring. *Theriogenology*. 2016, **86**, 1757-1763.

EVANS A. Moosic is for cows, too.. *Hoard's Dairym.* 1990, **135**.

EVANS D. The effectiveness of music as an intervention for hospital patients: a systematic review. *J. Adv. Nurs.* 2002, **37**, 8-18.

EVANS JW., WINGET CM., POLLAK EJ. Rhythmic cortisol secretion in the equine: Analysis and physiological mechanisms. *J. Interdiscip. Cycle Res.* 1977, **8**, 111-121.

EYSENCK MW. Arousal, learning, and memory. *Psychol. Bull.* 1976, **83**, 389-404.

FERARD M., DICKEL L., NEVEUX C. Incidence de la diffusion intra-auriculaire de musique chez le cheval *Equus ferus caballus* dans la gestion des comportements de peur et du stress. Mémoire de recherche de master 1. 2014, Institut de Biologie Fondamentale et Appliquée, Ludovic Dickel (EA 4259, GMPC, Université Caen Basse-Normandie, Université de Strasbourg.

FERARD M., DICKEL L., PETIT O., VALENCHON M., NEVEUX C. Effet de la diffusion de musique classique par le biais d'un dispositif individuel intra-auriculaire lors d'épisode de stress aigu, chez le cheval domestique (*Equus ferus caballus*). Rapport de stage de master 2. 2015, Institut de Biologie Fondamentale et Appliquée Université de Caen Basse-Normandie.

FURNHAM A., ALLASS K. The influence of musical distraction of varying complexity on the cognitive performance of extroverts and introverts. *Eur. J. Personal.* 1999, **13**, 27-38.

GLEERUP KB., FORKMAN B., LINDEGAARD C., ANDERSEN PH. An equine pain face. *Vet. Anaesth. Analg.* 2015, **42**, 103-114.

HARVEY H., RICE T., KAYHART R., TORRES C. The effects of specific types of music on the activity levels of singly housed chimpanzees (*Pan troglodytes*). *Am. J. Primatol.* 2000, **51**, 60.

HEFFNER HE. Auditory awareness. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 1998, **57**, 259-268.

HEFFNER HE., HEFFNER RS. The Hearing Ability of Horses. *Equine Pract.* 1983, **5**, 27-32.

HINDS SB., RAIMOND S., PURCELL BK. The effect of harp music on heart rate, mean blood pressure, respiratory rate, and body temperature in the African green monkey. *J. Med. Primatol.* 2007, **36**, 95-100.

HODGES DA. *Handbook of music psychology*. 1996, IMR Press, San Antonio.

HOUP T., MARROW M., SEELIGER M. A preliminary study of the effect of music on equine behavior. *J. Equine Vet. Sci.* 2000, **20**, 691-737.

HOWELL S., SCHWANDT M., FRITZ J., ROEDER E., NELSON C. A Stereo Music System as



- Environmental Enrichment for Captive Chimpanzees. *Lab Anim.* 2003, **32**, 31-36.
- HU Y., XU L., YANG F., YANG P. The effects of enrichment with music or colorful light on the welfare of restrained mice. *Lab Anim Comp Med.* 2007, **2007**, 71-76.
- HUANG C., WU S. The Relationship Between Music Excerpts and Emotional Responses of Undergraduate Students. *Int. J. Arts Educ.* 2007, 33-53.
- KAPLAN G. Animals and music: Between cultural definitions and sensory evidence. *Sign Syst. Stud.* 2009, **37**, 423-453.
- KHALFA S., ISABELLE P., JEAN-PIERRE B., MANON R. Event-related skin conductance responses to musical emotions in humans. *Neurosci. Lett.* 2002, **328**, 145-149.
- KOGAN LR., SCHOENFELD-TACHER R., SIMON AA. Behavioral effects of auditory stimulation on kenneled dogs. *J. Vet. Behav. Clin. Appl. Res.* 2012, **7**, 268-275.
- KÖNIG VON BORSTEL U. Assessing and influencing personality for improvement of animal welfare: A review of equine studies. *CAB Rev. Perspect. Agric. Vet. Sci. Nutr. Nat. Resour.* 2013, **8**.
- KÖNIG VON BORSTEL U., VISSER EK., HALL C. Indicators of stress in equitation. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 2017, **190**, 43-56.
- KROUT RE. Music listening to facilitate relaxation and promote wellness: Integrated aspects of our neurophysiological responses to music. *Arts Psychother.* 2007, **34**, 134-141.
- LAMONT L., MARTINEZ EA. Pharmacology of Drugs Used in Equine Anesthesia, in: *Doherty, T., Valverde, A. (Éd.), Manual of Equine Anesthesia and Analgesia.* 2006,. Blackwell Publishing Ltd, p. 128-174.
- LEEDS J., SPECTOR L., WAGNER S. Bioacoustic research and development, canine research summary. 2005,.
- LEMMER B. Effects of music composed by Mozart and Ligeti on blood pressure and heart rate circadian rhythms in normotensive and hypertensive rats. *Chronobiol. Int.* 2008, **25**, 971-986.
- MAMA KR., GRIMSRUD K., SNELL T., STANLEY S. Plasma concentrations, behavioural and physiological effects following intravenous and intramuscular detomidine in horses. *Equine Vet. J.* 2009, **41**, 772-777.
- MARR CM., BOWEN IM. (Éd.) *Cardiology of the horse*, 2nd ed. ed. 2010, Saunders, Edinburgh, 300 p.
- MCCRATY R., BARRIOS-CHOPLIN B., ATKINSON M., TOMASINO D. The effects of different types of music on mood, tension, and mental clarity. *Altern. Ther. Health Med.* 1998, **4**, 75-84.

- MCDERMOTT J., HAUSER MD. Nonhuman primates prefer slow tempos but dislike music overall. *Cognition*. 2007, **104**, 654-668.
- MENON V., LEVITIN DJ. The rewards of music listening: Response and physiological connectivity of the mesolimbic system. *NeuroImage*. 2005, **28**, 175-184.
- MORIS DN., LINOS D. Music meets surgery: two sides to the art of « healing ». *Surg. Endosc.*. 2013, **27**, 719-723.
- NEVEUX C., FERARD M., DICKEL L., BOUET V., PETIT O., VALENCHON M. Classical music reduces acute stress of domestic horses. *J. Vet. Behav. Clin. Appl. Res.*. 2016, **15**, 81.
- NÚÑEZ MJ., MAÑÁ P., LIÑARES D., RIVEIRO MP., BALBOA J., SUÁREZ-QUINTANILLA J., et al. Music, immunity and cancer. *Life Sci.*. 2002, **71**, 1047-1057.
- PATEL AD., IVERSEN JR., BREGMAN MR., SCHULZ I. Experimental Evidence for Synchronization to a Musical Beat in a Nonhuman Animal. *Curr. Biol.*. 2009, **19**, 827-830.
- PATTERSON-KANE EG., FARNWORTH MJ. Noise Exposure, Music, and Animals in the Laboratory: A Commentary Based on Laboratory Animal Refinement and Enrichment Forum (LAREF) Discussions. *J. Appl. Anim. Welf. Sci.*. 2006, **9**, 327-332.
- PIJANOWSKI BC., VILLANUEVA-RIVERA LJ., DUMYAHN SL., FARINA A., KRAUSE BL., NAPOLETANO BM., et al. Soundscape Ecology: The Science of Sound in the Landscape. *BioScience*. 2011, **61**, 203-216.
- PORTER D., NEURINGER A. Music discrimination by pigeons. *J. Exp. Psychol. Anim. Behav. Process.*. 1984, **10**, 138-148.
- PRICE J., CATRIONA S., WELSH EM., WARAN NK. Preliminary evaluation of a behaviour-based system for assessment of post-operative pain in horses following arthroscopic surgery. *Vet. Anaesth. Analg.*. 2003, **30**, 124-137.
- RICKARD NS. Intense emotional responses to music: a test of the physiological arousal hypothesis. *Psychol. Music*. 2004, **32**, 371-388.
- RICKARD NS., TOUKHSATI SR., FIELD SE. The effect of music on cognitive performance: insight from neurobiological and animal studies. *Behav. Cogn. Neurosci. Rev.*. 2005, **4**, 235-261.
- RUDIN D., KISS A., V WETZ R., M SOTTILE V. Music in the endoscopy suite: A meta-analysis of randomized controlled studies. *Endoscopy*. 2007, **39**, 507-10.
- SACKS O. The power of music. *Brain*. 2006, **129**, 2528-2532.
- SAS A-M., VAN LOON T., VAN DIERENDONCK M. Objective pain scales in horses with facial pain. Rapport de master. 2014, Utrecht University.
- SASLOW CA. Understanding the perceptual world of horses. *Appl. Anim. Behav. Sci., Equine*

*Behavior*. 2002, **78**, 209-224.

SCHACHNER A. If horses entrain, don't entirely reject vocal learning: An experience-based vocal learning hypothesis. *Empir. Musicol. Rev.*. 2013, **7**, 157-159.

SCHÖNBOM H., KASSENS A., HOPSTER-IVERSEN C., KLEWITZ J., PIECHOTTA M., MARTINSSON G., et al. Influence of transrectal and transabdominal ultrasound examination on salivary cortisol, heart rate, and heart rate variability in mares. *Theriogenology*. 2015, **83**, 749-756.

SNOWDON C., TEIE D. Affective Responses in Tamarins Elicited by Species-Specific Music. *Biol. Lett.*. 2009, **6**, 30-2.

SNOWDON CT., TEIE D., SAVAGE M. Cats prefer species-appropriate music. *Appl. Anim. Behav. Sci.*. 2015a, **166**, 106-111.

SNOWDON CT., ZIMMERMANN E., ALTENMÜLLER E. Chapter 2 - Music evolution and neuroscience, in: *Eckart Altenmüller, S.F. and F.B. (Éd.), Progress in Brain Research, Music, Neurology, and Neuroscience: Evolution, the Musical Brain, Medical Conditions, and Therapies*. 2015b., Elsevier, p. 17-34.

SQUIRES EJ. *Applied animal endocrinology*. 2003, CABI Pub., Wallingford, Oxon; Cambridge, Mass.

STACHURSKA A., JANCZAREK I., WILK I., KĘDZIERSKI W. Does Music Influence Emotional State in Race Horses?. *J. Equine Vet. Sci.*. 2015, **35**, 650-656.

SUTOO D 'etsu., AKIYAMA K. Music improves dopaminergic neurotransmission: demonstration based on the effect of music on blood pressure regulation. *Brain Res.*. 2004, **1016**, 255-262.

SUTTON GA., DAHAN R., TURNER D., PALTIEL O. A behaviour-based pain scale for horses with acute colic: Scale construction. *Vet. J.*. 2013, **196**, 394-401.

TAFFAREL MO., LUNA SPL., DE OLIVEIRA FA., CARDOSO GS., ALONSO J de M., PANTOJA JC., et al. Refinement and partial validation of the UNESP-Botucatu multidimensional composite pain scale for assessing postoperative pain in horses. *BMC Vet. Res.*. 2015, **11**, 83.

THOMA MV., MARCA RL., BRÖNNIMANN R., FINKEL L., EHLERT U., NATER UM. The Effect of Music on the Human Stress Response. *PLOS ONE*. 2013, **8**, e70156.

UETAKE K., HURNIK JF., JOHNSON L. Effect of music on voluntary approach of dairy cows to an automatic milking system. *Appl. Anim. Behav. Sci.*. 1997, **53**, 175-182.

UEXKÜLL JB., KRISZAT G. *Streifzüge durch die Umwelten von Tieren und Menschen Ein Bilderbuch unsichtbarer Welten, Verständliche Wissenschaft*. 1934, Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg.


VAN DIERENDONCK MC., VAN LOON JPAM. Monitoring acute equine visceral pain with the

- Equine Utrecht University Scale for Composite Pain Assessment (EQUUS-COMPASS) and the Equine Utrecht University Scale for Facial Assessment of Pain (EQUUS-FAP): A validation study. *Vet. J. Lond. Engl. 1997.* 2016, **216**, 175-177.
- VAN LOON JPAM., BACK W., HELLEBREKERS LJ., VAN WEEREN PR. Application of a Composite Pain Scale to Objectively Monitor Horses with Somatic and Visceral Pain under Hospital Conditions. *J. Equine Vet. Sci.* 2010, **30**, 641-649.
- VAN LOON JPAM., VAN DIERENDONCK MC. Monitoring acute equine visceral pain with the Equine Utrecht University Scale for Composite Pain Assessment (EQUUS-COMPASS) and the Equine Utrecht University Scale for Facial Assessment of Pain (EQUUS-FAP): A scale-construction study. *Vet. J. Lond. Engl. 1997.* 2015, **206**, 356-364.
- VANDERARK SD., ELY D. Biochemical and galvanic skin responses to music stimuli by college students in biology and music. *Percept. Mot. Skills.* 1992, **74**, 1079-1090.
- VANDERARK SD., ELY D. Cortisol, biochemical, and galvanic skin responses to music stimuli of different preference values by college students in biology and music. *Percept. Mot. Skills.* 1993, **77**, 227-234.
- VIDAMENT M., RIZO S. Tests de tempérament complets ou standardisés [En ligne]. *Inst. Fr. Cheval Equitation.* 2015,. [<http://www.haras-nationaux.fr/information/accueil-equipaedia/comportement-ethologie-bien-etre/appreciation-du-comportement-et-du-temperament/tests-de-temperament-complets-ou-standardises.html>] (consulté le 10/11/17).
- VIDEAN EN., FRITZ J., HOWELL S., MURPHY J. Effects of Two Types and Two Genre of Music on Social Behavior in Captive Chimpanzees (Pan troglodytes). *J. Am. Assoc. Lab. Anim. Sci.* 2007, **46**, 66-70.
- WALLACE EK., KINGSTON-JONES M., FORD M., SEMPLE S. An investigation into the use of music as potential auditory enrichment for moloch gibbons (Hylobates moloch). *Zoo Biol.* 2013, **32**, 423-426.
- WATANABE S., NEMOTO M. Reinforcing property of music in Java sparrows (Padda oryzivora). *Behav. Processes.* 1998, **43**, 211-218.
- WATANABE S., SATO K. Discriminative stimulus properties of music in Java sparrows. *Behav. Processes.* 1999, **47**, 53-57.
- WATANABE S., UOZUMI M., TANAKA N. Discrimination of consonance and dissonance in Java sparrows. *Behav. Processes.* 2005, **70**, 203-208.
- WATHAN J., BURROWS AM., WALLER BM., MCCOMB K. EquiFACS: The Equine Facial Action Coding System. *PLOS ONE.* 2015, **10**, e0131738.

- WELLS DL., COLEMAN D., CHALLIS MG. A note on the effect of auditory stimulation on the behaviour and welfare of zoo-housed gorillas. *Appl. Anim. Behav. Sci.*. 2006, **100**, 327-332.
- WELLS DL., GRAHAM L., HEPPER PG. The influence of auditory stimulation on the behaviour of dogs housed in a rescue shelter. *Anim. Welf.*. 2002, **11**, 385-393.
- WELLS DL., IRWIN RM. Auditory stimulation as enrichment for zoo-housed Asian elephants (*Elephas maximus*). *Anim. Welf.*. 2008, **17**, 335-340.
- WILLIAMS DC., ALEMAN M., THARP B., FLETCHER DJ., KASS PH., STEFFEY EP., et al. Qualitative and quantitative characteristics of the electroencephalogram in normal horses after sedation. *J. Vet. Intern. Med.*. 2012, **26**, 645-653.
- WILLIAMS I., HOPPITT W., GRANT R. The effect of auditory enrichment, rearing method and social environment on the behavior of zoo-housed psittacines (Aves: Psittaciformes); implications for welfare. *Appl. Anim. Behav. Sci.*. 2016,.
- WILSON ME., PHILLIPS CJC., LISLE AT., ANDERSON ST., BRYDEN WL., CAWDELL-SMITH AJ. Effect of music on the behavioural and physiological responses of stabled weanlings. *J. Equine Vet. Sci., Proceedings of the 2011 Equine Society Symposium*. 2011, **31**, 321-322.
- WOLFF A., HAUSBERGER M., LE SCOLAN N. Experimental tests to assess emotionality in horses. *Behav. Processes*. 1997, **40**, 209-221.
- YAMAMOTO E., WATANABE S. Strategy of auditory discrimination of scale in Java sparrows: They use both « imagery » and specific cues. *Behav. Processes*. 2008, **77**, 1-6.
- YEON SC. Acoustic communication in the domestic horse (*Equus caballus*). *J. Vet. Behav. Clin. Appl. Res.*. 2012, **7**, 179-185.
- YOUNG T., CREIGHTON E., SMITH T., HOSIE C. A novel scale of behavioural indicators of stress for use with domestic horses. *Appl. Anim. Behav. Sci.*. 2012, **140**, 33-43.

## ANNEXES

Annexe 1 : Échelle d'expression faciale de la douleur des chevaux, développée par Costa *et al.* (2014) comme outil d'évaluation de la douleur des chevaux ayant subi une castration en routine.

Horse Grimace Pain Scale (HGS)					
<b>Stiffly backwards ears</b>			<b>Orbital tightening</b>		
					
<b>Not present (0)</b>	<b>Moderately present (1)</b>	<b>Obviously present (2)</b>	<b>Not present (0)</b>	<b>Moderately present (1)</b>	<b>Obviously present (2)</b>
The ears are held stiffly and turned backwards. As a result, the space between the ears may appear wider relative to baseline.			The eyelid is partially or completely closed. Any eyelid closure that reduces the eye size by more than half should be coded as "obviously present" or "2".		
<b>Tension above the eye area</b>			<b>Prominent strained chewing muscles</b>		
					
<b>Not present (0)</b>	<b>Moderately present (1)</b>	<b>Obviously present (2)</b>	<b>Not present (0)</b>	<b>Moderately present (1)</b>	<b>Obviously present (2)</b>
The contraction of the muscles in the area above the eye causes the increased visibility of the underlying bone surfaces. If temporal crest bone is clearly visible should be coded as "obviously present" or "2".			Straining chewing muscles are clearly visible as an increase tension above the mouth. If chewing muscles are clearly prominent and recognizable the score should be coded as "obviously present" or "2".		
<b>Mouth strained and pronounced chin</b>			<b>Strained nostrils and flattening of the profile</b>		
					
<b>Not present (0)</b>	<b>Moderately present (1)</b>	<b>Obviously present (2)</b>	<b>Not present (0)</b>	<b>Moderately present (1)</b>	<b>Obviously present (2)</b>
Strained mouth is clearly visible when upper lip is drawn back and lower lip causes a pronounced "chin".			Nostrils look strained and slightly dilated, the profile of the nose flattens and lips elongate.		

Annexe 2 : Questionnaire complété par les propriétaires de chevaux participant à l'étude sur l'effet de la musique classique sur le stress des chevaux lors d'examens radiographiques, réalisée à l'ENVA du 19/01/17 au 05/05/17.

**NOM** : ..... **Prénom** : .....

**E-mail** : .....

**Adresse** : .....

**N° de tel** : \_\_\_\_\_

**Nom de votre cheval** : .....

**EXPERIENCE DU BONNET :**

Votre cheval a-t-il déjà porté un bonnet ?

- Oui
- Non
- Je ne sais pas



Si oui : 1) à quelle fréquence en porte-il ?

- moins d'une fois par an
- entre une fois par an et une fois par mois
- plus d'une fois par mois

2) Comment votre cheval tolère-t-il le bonnet ?

- très bien, il ne présente aucune réaction
- assez bien, il présente quelques réactions de gêne (secouements de tête, grattages)
- très mal, c'est compliqué de lui mettre et/ou il présente de nombreux comportements de gêne

**EXPERIENCE DE LA MUSIQUE :**

Quels sont les contextes dans lesquels votre cheval entend de la musique ?

- A l'écurie, lorsqu'il est dans son boxe
- En concours
- Il n'en entend jamais (passez les questions suivantes)
- Autre, précisez : .....

De quel type de musique s'agit-il ?

- radio diffusant de la musique classique
- radio diffusant de la musique pop/rock
- autre, précisez :  
.....

A quelle fréquence entend-il de la musique ?

- Plusieurs fois par semaine
- Plusieurs fois par mois
- Moins d'une fois par mois

*Merci pour votre participation.*



Annexe 3 : Scores des chevaux au test d'émotivité, réalisé lors de l'étude sur l'effet de la musique classique sur le stress des chevaux lors d'examen radiographiques, effectués à l'ENVA du 19/01/17 au 05/05/17.

individus	Groupe	Temps de montée sur la balance 0 = < 30 s 1 = [0:30 ; 1:30] min 2 = > 1:30 min ou refus de monter	Attitude devant la balance 0 = détendu 1 = peu tendu 2 = très tendu	Mouvements pendant la pesée 0 = aucun 1 = peu 2 = nombreux 3 = refus de monter	Henissements 0 = 0 1 = 1 2 = > 1	Réaction à l'injection 0 = légère 1 = moyenne 2 = importante	Catégorie d'émotivité 0 = [0 ; 1] peu réactif 1 = ]1 ; 4] moyennement réactif 2 = ]4 ; 10] très réactif
1		0	1	0	0	0	0
2		2	0	0	0	0	1
3		2	1	3	0	1	2
9	témoin simple	Non renseigné	Non renseigné	Non renseigné	Non renseigné	Non renseigné	2 *
12		1	1	1	0	0	1
14		1	2	1	0	0	1
5		2	2	3	0	1	2
7		2	1	0	0	1	1
13	témoin bonnet	2	1	1	0	0	1
15		2	2	3	0	Non renseigné	2
16		0	0	0	0	1	0
4		1	1	1	0	1	1
6		0	0	0	0	0	0
8	bonnet et musique	2	1	1	0	1	2
10		1	1	1	0	1	1
11		0	0	0	0	Non renseigné	0

La description complète de chaque paramètre est présentée dans le tableau 2, p 60.

\* Individu 9 : la catégorie d'émotivité a été déterminée à partir des observations des cliniciens.

# ÉTUDE PRÉLIMINAIRE DE L'EFFET DE LA MUSIQUE CLASSIQUE DIFFUSÉE *VIA* UN BONNET AUDIO SUR LE STRESS DES CHEVAUX LORS D'EXAMENS RADIOGRAPHIQUES

**NOM : CHEVEAU**

**Prénom : Lauriane**

## **RÉSUMÉ**

La musique classique diminue le stress psychologique et physiologique chez l'homme en contexte hospitalier. Son effet bénéfique sur le stress a également été démontré chez les animaux en captivité, tels les rats, les souris, les éléphants, les chiens et plusieurs espèces de primates. Chez le cheval plusieurs études semblent montrer que la musique classique diminue leur stress à l'écurie mais aussi lors de situations anxiogènes. Elle pourrait ainsi être un outil efficace lors de manipulations vétérinaires, tels les examens radiographiques, pour diminuer le stress des chevaux et améliorer leur bien-être. Afin d'explorer cette hypothèse, nous avons comparé, lors d'examens radiographiques, l'expression faciale, la fréquence et l'occurrence de comportements révélateurs de stress, et les intervalles RR de 16 chevaux, répartis en trois groupes : un groupe entendant de la musique classique diffusée *via* un bonnet audio, un groupe portant ce même bonnet audio mais sans musique, et un groupe sans bonnet ni musique. Aucune différence significative n'a été mise en évidence. Un manque de puissance statistique ou une absence d'effet de la musique classique sur le stress dans le contexte étudié pourrait expliquer ces résultats. Des études complémentaires sont nécessaires pour investiguer l'intérêt de la musique classique chez les chevaux en contexte vétérinaire.

**Mots clés :** MUSIQUE CLASSIQUE, STRESS, ANXIÉTÉ, BIEN-ÊTRE ANIMAL, ÉTHOLOGIE, EXPRESSION FACIALE, FRÉQUENCE CARDIAQUE, RADIOGRAPHIE, EQUIDÉ, CHEVAL.

## **JURY**

Président : Pr.

Directeur : Dr. Caroline GILBERT

Assesseur : Dr. Loïc DESQUILBET

# **PILOT STUDY ON THE EFFECT OF CLASSICAL MUSIC PLAYED WITH AN AUDIO EAR NET ON THE STRESS OF HORSES DURING MEDICAL X-RAY EXAMINATIONS**

**SURNAME: CHEVEAU**

**Given name: Lauriane**

## **ABSTRACT**

Classical music reduces psychological and physiologic stress of humans under hospital conditions. Its positive effects on stress have been shown for captive animals: several species of primates, rats, mice, elephant and dogs. For the horse, several studies seem to show that classical music reduces stress at stable but also during stressful situations. It can be an efficient tool during stressful veterinary manipulations, like X-Ray examinations, to decrease stress of horses and increase their welfare. To investigate this hypothesis, we compared, during X-Ray examinations, the facial expression, the frequency and occurrence of behaviors associated with stress, and the RR intervals of 16 horses, separated in three groups: one group hearing music played with an audio ear net, one group wearing this ear net but without music, and one group without music and without ear net. No significant differences were shown. A lack of statistical power or no effect of the classical music under our conditions can explain the results. Other studies are needed to investigate classical music interest on horses under veterinary conditions.

**Keywords:** CLASSICAL MUSIC, STRESS, ANXIETY, ANIMAL WELFARE, ETHOLOGY, FACIAL EXPRESSION, HEART RATE, RADIOGRAPHY, EQUINE, HORSE.

## **JURY**

President: Pr.

Director: Dr. Caroline GILBERT

Assessor: Dr. Loïc DESQUILBET