



HAL
open science

Sensibilité et utilisation de signaux vocaux et visuels dans la relation homme-animal : étude chez le porc domestique

Sandy Bensoussan

► **To cite this version:**

Sandy Bensoussan. Sensibilité et utilisation de signaux vocaux et visuels dans la relation homme-animal : étude chez le porc domestique. Science des productions animales. Agrocampus Ouest, 2017. Français. NNT : 2017NSARB293 . tel-01697230

HAL Id: tel-01697230

<https://theses.hal.science/tel-01697230>

Submitted on 31 Jan 2018

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.

UNIVERSITE

BRETAGNE

LOIRE

AGRO
CAMPUS

OUEST

Sandy BENSOUSSAN • 27 février 2017

Thèse AGROCAMPUS OUEST
sous le label de l'Université Bretagne Loire
pour obtenir le grade de
DOCTEUR D'AGROCAMPUS OUEST
Spécialité Biologie & Agronomie

ÉCOLE DOCTORALE • Vie - Agro - Santé (VAS)

LABORATOIRE D'ACCUEIL • UMR INRA / AGROCAMPUS OUEST
Physiologie, environnement et génétique pour l'animal et les
systèmes d'élevage (PEGASE)

**Sensibilité et utilisation
de signaux vocaux et visuels
dans la relation homme-animal :
étude chez le porc domestique**

Catherine DISENHAUS

Professeure, AGROCAMPUS OUEST, UMR INRA-AO PEGASE /
présidente

Joop LENSINK

Professeur, ISA Lille / *rapporteur*

Patrick PAGEAT

Professeur, IRSEA Montpellier / *rapporteur*

Raymond NOWAK

Directeur de recherche, CNRS Tours / *examinateur*

Marie-Christine MEUNIER-SALAÛN

Ingénieure de recherche, UMR INRA-AO PEGASE /
directrice de thèse

.....
Céline TALLET

Chargée de recherche, UMR INRA-AO PEGASE /
co-encadrante de thèse

Valérie COURBOULAY

Ingénieure IFIP / *invitée*

N° ordre : 2017-5
N° Série : B-293

THESE / AGROCAMPUS OUEST

Sous le label de l'Université Européenne de Bretagne

pour obtenir le diplôme de :

**DOCTEUR DE L'INSTITUT SUPERIEUR DES SCIENCES AGRONOMIQUES,
AGRO-ALIMENTAIRES, HORTICOLES ET DU PAYSAGE**

Spécialité : « Agronomie »

Ecole Doctorale : « Vie-Agro-Santé »

présentée par :

« Sandy BENSOUSSAN »

**SENSIBILITE ET UTILISATION DE SIGNAUX VOCAUX ET VISUELS DANS LA
RELATION HOMME-ANIMAL : ETUDE CHEZ LE PORC DOMESTIQUE**

SENSITIVITY AND USE OF VOCAL AND VISUAL SIGNALS IN THE HUMAN-
ANIMAL RELATIONSHIP: A STUDY IN THE DOMESTIC PIG

soutenue le 27 Février 2017 devant la commission d'Examen

Composition du jury :

Pr Catherine DISENHAUS, Professeure AGROCAMPUS OUEST

Pr Joop LENSINK, Professeur ISA Lille

Pr Patrick PAGEAT, Professeur IRSEA Montpellier

Dr Raymond NOWAK, Directeur de Recherche CNRS Tours

Dr Marie-Christine MEUNIER-SALAÜN, Ingénieure de Recherche,
INRA Saint-Gilles

Présidente

Rapporteur

Rapporteur

Membre

Directrice de thèse

Mme Valérie COURBOULAY, Ingénieure IFIP

Dr Céline TALLET, chargée de recherche INRA Saint-Gilles

Membre Invité

Co-encadrante

REMERCIEMENTS

Je commencerais ces remerciements en exprimant toute ma reconnaissance à mes directrices de thèse Marie-Christine MEUNIER-SALAÜN et Céline TALLET, qui m'ont proposé ce sujet, pour leur suivi et leurs conseils pendant ces trois années. J'ai beaucoup appris à leurs côtés et ne suis pas prête d'oublier ces trois années.

Je souhaite remercier le Professeur Catherine DISENHAUS qui a accepté de présider le jury de cette thèse, le Docteur Joop LENSINK et le Professeur Patrick PAGEAT d'avoir accepté d'être les rapporteurs de ma thèse, ainsi que le Dr Raymond NOWAK et Madame Valérie COURBOULAY qui ont participé à son évaluation.

Merci aux membres de mon comité de thèse, les docteurs Xavier BOIVIN et Florence GAUNET, le Professeur Alban LEMASSON, Madame Valérie COURBOULAY pour leurs précieux conseils et implication dans mon travail de thèse, ainsi qu'au Professeur Christian SALIGAUT, tuteur de l'école doctoral VAS pour son soutien au cours de ces trois années.

Je tiens également à remercier le Directeur de l'unité PEGASE, le Docteur Jaap VAN MILGEN de m'avoir accueillie au sein de son unité de recherche, ainsi que Christophe JAEGER et Hervé DEMAY pour leur accueil au sein des Installations Expérimentales de Production Porcine.

Un grand merci aux membres de l'équipe Sysporc dont les conseils avisés m'ont aiguillée ; Ludovic BROSSARD, Jean-Yves DOURMAD et Florence GARCIA. Je tiens tout particulièrement à remercier Samuel COLLIN, Maud CORNIL et Raphaëlle TIGEOT qui ont réalisé leur stage de Master avec moi et sans qui le travail de terrain n'aurait pas pu se faire. Votre aide m'a été précieuse !

Un grand merci aux techniciens aussi efficaces au labo que sur le terrain, Lauriane BOUCHON, Carole GUERIN, Michel LEFEBVRE, aux membres de l'atelier Marcel PENARD, Armel DELALANDE, aux animaliers de maternité Daniel BOUTIN, Fabien GUERIN et Yannick SUREL, et de post sevrage Henri RENOULT et Patrick TOUANEL, qui ont rendu matériellement possible les expériences et leur réalisation. Merci pour votre temps et votre bonne humeur !

Merci à tous les collègues qui ont rendu l'INRA accueillant et à toutes celles qui m'ont prêté leur voix pour les porcelets.

Enfin, les derniers remerciements, mais pas les moins sincères, iront à tous ceux qui m'ont supportée et soutenue au quotidien. Je commencerai par mes parents, toujours là même si parfois un peu perdus par mes choix. Merci à la famille au sens large, toujours pleine d'enthousiasme lorsque je décrivais mes aventures avec les cochons. Puis viennent les copains de bureau et leurs pièces rapportées devenus au fil du temps des amis, Alice, Auriane, Elise, Hauteclair, Magdalena, Muriel, Nicolas, Pierre, Sabine, Tristan sans oublier la meilleure fournisseuse de mouchoirs et de chocolats, j'ai nommé Séverine ! Merci aux danseurs et cavalières qui m'ont permis d'oublier la science de temps en temps. Le dernier mot sera pour Patrice, qui a patiemment supporté tous ces kilomètres entre nous.

AVANT-PROPOS

Ce travail de thèse a été réalisé sous la direction de Marie-Christine MEUNIER-SALAÜN et co-encadré par Céline TALLET. Il a été réalisé dans les laboratoires de l'unité mixte de recherche Physiologie, Environnement et Génétique pour l'Animal et les Systèmes d'Élevage (UMR PEGASE, site de Saint-Gilles) et les locaux de l'Unité Expérimentale Porcs Rennes (UEPR, site de Saint-Gilles).

Ce travail a reçu un appui financier du centre de Rennes de l'INRA et de la région Bretagne. Une bourse des Crédits Incitatifs 2015 de l'INRA a également été reçue pour l'étude sur l'utilisation de la voix humaine lors du développement de la relation homme-animal (Chapitre II). Ces travaux ont été présentés lors du congrès de la Société Française pour l'Etude du Comportement Animal (SFECA) à Caen en 2016 (Annexe I), grâce à une bourse de participation attribuée par le conseil d'administration de la SFECA. Nous souhaitons remercier l'ensemble des institutions qui ont participé financièrement à la réalisation de cette thèse et à la diffusion de ses résultats.

RESUME

La relation homme-animal se construit à partir des interactions entre chacun des partenaires qui se transmettent des informations via les signaux sensoriels. Mieux comprendre l'effet de ces interactions passe par la détermination de la sensibilité des animaux aux signaux émis par l'homme. Les interactions vocales entre l'homme et le porc domestique ont été peu étudiées, alors que ce canal est utilisé par l'homme dans les pratiques d'élevage.

La thèse a donc cherché à déterminer (1) la sensibilité des porcelets aux variations du signal vocal, (2) les effets de son utilisation dans la mise en place de la relation homme-animal et (3) son utilisation dans la communication référentielle avec l'animal. Les réponses des porcs ont été évaluées (1) dans des tests de discrimination de stimuli vocaux, (2) lors de la mise en place de la relation et de tests de réponse à la présence humaine et (3) lors de tests de choix en présence de signaux humains.

Les porcelets se sont révélés sensibles à la voix féminine neutre, sans montrer d'attirance particulière pour cette voix. Néanmoins, une voix féminine aigüe et parlant lentement les a attirés physiquement. Associée à la présence répétée de l'homme, la voix féminine aigüe et lente est associée par l'animal à une valence positive. Les résultats suggèrent que la voix pourrait être impliquée dans la reconnaissance de l'homme par les animaux. Enfin, il est possible d'apprendre aux animaux à utiliser les propriétés référentielles de la voix, mais uniquement lorsqu'elle est combinée à des signaux visuels (pointage du doigt statique et dynamique). Des perspectives s'ouvrent sur l'utilisation de la voix dans le travail avec les animaux.

Mots-clefs : relation homme-animal – porc – signal vocal – signal visuel – communication référentielle

ABSTRACT

The human-animal relationship is based on the exchange of information *via* sensorial signals between both partners. Identifying the sensitivity of animals to human signals would help understanding the effect of these interactions. Although auditory interactions are common in breeding practices, vocal interactions between humans and pigs were poorly studied.

This thesis studied (1) the sensitivity of piglets to vocal signal variations, (2) the effect of their use during the development of the human-animal relationship and (3) their use in the referential communication with piglets. The behaviours of piglets were evaluated (1) in vocal stimuli discrimination tests, (2) during the human-animal relationship development and in human tests and (3) in choice tests involving human referential signals.

Piglets were sensitive to a neutral feminine voice, without showing a specific attraction for it. Nevertheless, a high-pitched feminine voice, slowly speaking attracted them physically. Combined with a repeated human presence, the high-pitched-slow-feminine voice was associated to a positive valence by piglets. Piglets could use the voice to recognize humans, as suggested by our results. Eventually, animals can learn to use the referential property of the voice but only when it is combined to visual referential signals (dynamic and static pointing gestures). Our results offer promising opportunities for the use of human voice while working with animals.

Key words: human-animal relationship – pig – vocal signal – visual signal – referential communication

TABLE DES MATIERES

Remerciements	i
Avant-propos	ii
Résumé	iii
Abstract	iv
Table des matières	v
Liste des figures	viii
Liste des tableaux	ix
Contexte et enjeux sociétaux	1
1. Le statut de l'animal	3
2. La relation homme-animal au cœur du bien-être des animaux et des éleveurs	4
3. Vers une amélioration des relations homme-animal	6
Introduction générale	9
1. Les relations interindividuelles	11
1.1. Les relations intra et interspécifiques	11
1.2. La relation homme-animal	12
1.2.1. Une définition	12
1.2.2. Les différents types de relations homme-animal	13
2. La communication entre les organismes	16
2.1. Une définition de la communication	16
2.2. Les différentes informations sensorielles :	18
2.3. La communication acoustique	19
2.4. Les autres formes de communication	25
3. Les bases sensorielles de la relation homme-animal	27
3.1. Les interactions visuelles	27
3.2. Les interactions tactiles	29
3.3. Les interactions auditives	30
3.4. Les combinaisons de signaux sensoriels	32
4. Les mécanismes de compréhension des signaux humains	34
4.1. L'utilisation des signaux humains par similitude	34
4.1.1. Les similitudes posturales	34
4.1.2. Les similitudes fonctionnelles	35
4.2. L'héritage de la domestication	35

4.3.	Les formes d'apprentissage permettant l'utilisation des signaux émis par l'homme.....	37
4.3.1.	Le conditionnement classique ou inconditionnel.....	37
4.3.2.	Le conditionnement instrumental.....	39
5.	Le modèle d'étude porcin.....	40
5.1.	La sensibilité sensorielle du porc.....	40
5.2.	Le développement des relations chez le porc.....	41
5.3.	Les capacités de compréhension des signaux humains chez le porc.....	43
Objectifs de la thèse et hypothèses de travail		47
Méthodologie générale		53
1.	Les animaux expérimentaux.....	55
1.1.	L'origine et le mode d'élevage.....	55
1.2.	Les choix des animaux expérimentaux.....	55
2.	Les stimuli vocaux.....	57
2.1.	Les enregistrements de la voix humaine.....	57
2.2.	Les enregistrements vocaux modifiés (Chapitre I et Chapitre II).....	60
3.	La présentation des paradigmes.....	62
4.	La méthodologie des tests individuels.....	64
4.1.	La familiarisation aux déplacements vers l'aire de test et à l'aire de test.....	64
4.2.	Les critères d'observations.....	64
5.	Les considérations éthiques.....	66
Résultats.....		67
Chapitre I - Détermination de la sensibilité des porcelets à la voix féminine et à ses caractéristiques.....		69
Chapitre II - Utilisation de la voix féminine dans l'établissement de la relation homme-animal.....		111
Chapitre III - Utilisation de la voix féminine dans la communication référentielle avec l'animal.....		149
Discussion générale		179
Rappel du contexte et des objectifs		181
1.	Les animaux sont sensibles à la voix humaine.....	183
2.	La voix : un élément de construction de la relation homme-animal ?.....	186
2.1.	Spontanément, la voix humaine associée à sa présence n'attire pas les animaux.....	186
2.2.	Une construction progressive de la relation homme-animal.....	187
2.3.	La voix humaine, un signal positif associé à l'homme ?.....	188
2.4.	La voix humaine, un élément de reconnaissance de l'homme ?.....	189
2.5.	Des contrastes et des similitudes entre nos études.....	191

3. Utiliser une combinaison de signaux auditifs et visuels référentiels nécessite un apprentissage.....	193
3.1. Une question d'expérience ?	193
3.2. Une question de sensibilité ?.....	195
4. Un bilan sur l'approche méthodologique	198
Conclusions et perspectives	201
1. L'évolution de la sensibilité à la voix humaine.....	203
2. L'utilisation de la voix dans l'établissement de la relation homme-animal	204
3. Vers une application pratique.....	204
Références bibliographiques	207
Annexes	I
Annexe I – Résumé de la présentation faite lors du 46 ^{ème} Colloque de la Société Française pour l'Etude du Comportement Animal.....	III
Annexe II – Résumé et poster présentés lors du 50 ^e congrès international de <i>l'International Society for Applied Ethology</i>	V
Annexe III - Résumé et poster présentés lors des 48 ^{ème} Journées de la Recherche Porcine.....	IX

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Temps consacré aux animaux et nombre d'animaux présents par travailleur sur la période 1999-2011.	5
Figure 2 : Facteurs d'influence de la relation homme-animal.	7
Figure 3: Modèle du transfert de l'information lors de la communication animale intraspécifique.	17
Figure 4: Illustration de la théorie source-filtre des productions vocales.	20
Figure 5 : Exemples de variations des vocalisations.	21
Figure 6 : Rythme des grognements de la truie (a) et modifications comportementales des porcelets (b) pendant les périodes pré et post-éjection du lait.	25
Figure 7 : Capacités auditives des porcs : (a) audiogrammes de cinq espèces d'ongulés ; (b) performances de localisation des sons de trois porcs.	40
Figure 8 : Schéma récapitulatif du contexte scientifique et des hypothèses de travail.	51
Figure 9 : Schéma du cycle d'une conduite en bande dans l'élevage porcin de l'unité INRA de St-Gilles.	55
Figure 10: (a) Audiogrammes de la phrase complète et (b) spectrogrammes de la syllabe « co » (cochon) des enregistrements « neutre » initial et modifiés : modifications du tempo (a) et de la fréquence (b).	61
Figure 11 : Labyrinthe en T utilisé lors de l'étude de la sensibilité des porcelets aux signaux vocaux humains.	62
Figure 12 : (a) Traitement expérimental appliqué dans les loges d'élevage et (b) test à l'homme.	63
Figure 13 : Parc de test et zone d'attente des animaux.	63
Figure 14 : Schéma expérimental de l'étude sur la sensibilité des porcs à la voix féminine.	70
Figure 15: Schéma expérimental de l'étude sur l'utilisation de la voix féminine dans l'établissement de la relation homme-animal.	112
Figure 16: Schéma des différentes zones de l'aire de test à l'homme.	112
Figure 17: Schéma expérimental de l'étude sur l'utilisation de la voix féminine dans la communication référentielle avec l'animal.	150
Figure 18: Schéma récapitulatif des hypothèses testées et principaux résultats (en bleu).	182

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1: Caractéristiques auditives de plusieurs espèces de mammifères et d'oiseaux.	22
Tableau 2: Effectifs détaillés des animaux par étude et leurs poids de sevrage.....	56
Tableau 3 : Caractéristiques des enregistrements originaux de voix féminines énonçant le texte « De ce côté, cochon. Allez. Par ici. Viens là » sur un ton neutre.....	58
Tableau 4 : Expressions interrogatives et injonctives utilisées pour les enregistrements sonores n°2	59
Tableau 5 : Injonctions et questions utilisées lors du Chapitre I.	60
Tableau 6 : Répertoire comportemental utilisé lors des trois études.....	65
Tableau 7: Nombre de regards vers les haut-parleurs lors du premier test de chaque essai.....	71

CONTEXTE ET ENJEUX SOCIETAUX

Les relations entre les hommes et les animaux interrogent les penseurs depuis l'Antiquité, nourrissant les réflexions scientifiques et éthiques sur le statut de l'animal, son bien-être ainsi que celui de l'homme qui travaille ou vit avec l'animal (Goffi, 1997 ; Denis, 2014 ; Onfray, 2016). L'avancée de ces réflexions, tout comme la prise en compte des connaissances scientifiques qui les accompagnent, visent à améliorer ces relations afin qu'elles bénéficient à chacun de ses acteurs.

1. LE STATUT DE L'ANIMAL

Le statut de l'animal tient à la place que l'homme attribue à l'animal selon son lieu de vie (milieu sauvage, parc zoologique, foyer) et selon sa valeur écologique, économique ou psychologique pour l'homme (animal sauvage, de rente ou de compagnie) (Chevallier, 1987 ; Guichet, 2011). De ce statut découle le niveau de contrôle exercé par l'homme et le type d'interactions utilisées avec l'animal (Chevallier, 1987). L'évaluation de la quantité (de rare à fréquente) et de la qualité (positive, neutre, négative) de ces interactions permet d'apprécier le type de relation qui lie les deux acteurs de la relation (Hinde, 1976 ; 1992 ; Waiblinger *et al.*, 2006). Ces interactions s'expriment par la voie des sens : elles sont de nature verbale, visuelle, olfactive ou tactile. Ainsi dans les disciplines équestres, les onomatopées, les pressions de jambes du cavalier sur le corps du cheval permettent de transmettre ses demandes, les réponses des animaux se traduisant par des changements d'allures ou de postures (Montagner, 2003). Chez les animaux de rente, Chevallier (1987) a relevé des variations dans les interactions vocales des éleveurs avec leurs animaux, en fonction de leur valeur économique ou du travail fourni par ces derniers. Par exemple, l'auteur décrit un seul type de production vocale (« pitite ») au moment de rassembler les animaux de l'ensemble de la basse-cour qui représenterait une faible valeur économique. A l'opposé, des animaux dont la valeur économique peut être supérieure, tels que les chiens de berger ou les animaux de trait sont nommés individuellement et reçoivent des ordres variés. Les chiens de compagnie (de luxe) ou de chasse portent également des noms, qui peuvent correspondre à leur valeur marchande ou leur fonction de chasseur (par exemple : Diane ou Taïaut). Les interactions avec les espèces sauvages sont quant à elles rares, voire inexistantes (tout comme leurs relations).

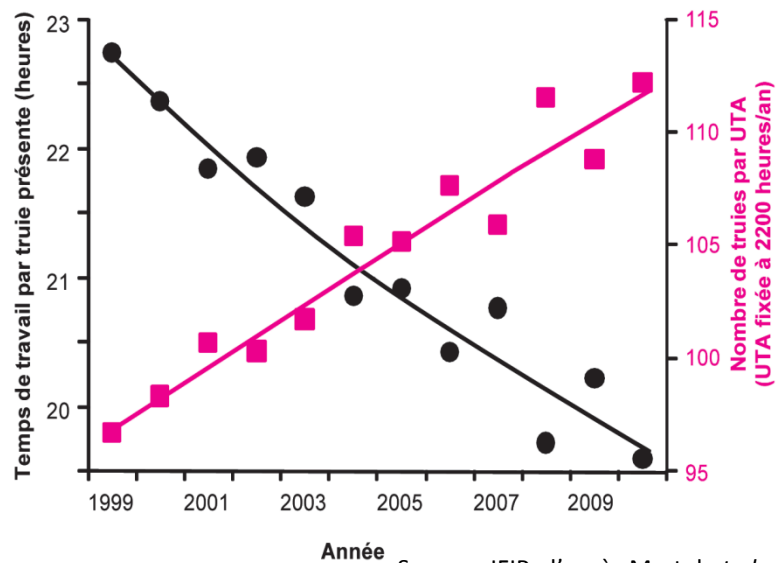
Le statut de l'animal, sauvage, domestique ou familial, va donc conditionner la fréquence des interactions entre l'homme et l'animal et promouvoir potentiellement l'établissement d'une relation avec l'homme. Néanmoins, les débats sociétaux réguliers sur les rapports entre l'homme et les animaux rappellent que le statut des animaux, leur utilisation et leur bien-être restent des

sujets de controverse au sein de la société (Guichet, 2011 ; Denis, 2014). L'étude de la relation homme-animal constitue des éléments de connaissances majeurs pour éclairer ces débats. Par exemple, les points de vue des citoyens citadins et ruraux (non-éleveurs) et celui des éleveurs divergent vis-à-vis de l'animal et de son bien-être (Veissier et Chambres, 1999 ; Guichet, 2011). L'élevage des animaux de rente, de type conventionnel le plus souvent dénommé intensif, est perçu par le public comme une source de souffrance pour l'animal, qui est considéré uniquement comme un outil de production (Boivin *et al.*, 2003b ; Guichet, 2011 ; Hemsworth et Coleman, 2011c). Des études dans le domaine de l'éthologie et de la sociologie ont néanmoins clarifié cette vision restrictive de l'élevage (Hemsworth, 2003 ; Dockès et Kling-Eveillard, 2007 pour revue Boivin *et al.*, 2012). De véritables relations entre éleveurs et animaux peuvent se nouer (Hemsworth, 2003). Veissier et Chambres (1999) ont montré qu'il peut exister une dimension affective dans l'interaction entre l'éleveur et les animaux d'élevage, les éleveurs faisant peu de différences entre les veaux et les chiens, par exemple. En revanche, les citoyens ont tendance à fortement personnifier le chien, associé à de l'affection et de l'intelligence, contrairement au veau qui est plutôt défini par des aspects matériels relatifs à leurs conditions d'élevage ou par leur valeur alimentaire. L'urbanisation est parfois rendue responsable du décalage entre les attentes des consommateurs et la réalité technico-économique des éleveurs (Guichet, 2011). Toutefois elle n'explique pas, dans l'enquête de Veissier et Chambre (1999), le clivage entre les éleveurs et les non-éleveurs dans leurs représentations des animaux et de leur bien-être. Chez les citoyens non-éleveurs, le sentiment plus prononcé d'un besoin de protection des animaux d'élevage pourrait être expliqué par leur méfiance vis-à-vis de l'industrialisation de l'élevage, souvent associée à une dégradation du bien-être des animaux de rente (pour revues Rushen *et al.*, 1999b ; Waiblinger *et al.*, 2006).

2. LA RELATION HOMME-ANIMAL AU CŒUR DU BIEN-ETRE DES ANIMAUX ET DES ELEVEURS

La mécanisation et l'intensification des élevages ont conduit à un accroissement du nombre d'animaux dans les exploitations concomitant d'une diminution du temps passé par les éleveurs auprès de leurs animaux (Rushen *et al.*, 1999b). En réduisant leurs interactions, l'industrialisation des élevages affecte ainsi l'établissement et le maintien des relations entre éleveurs et animaux. Cette évolution touche en particulier les élevages hors sol, dont la production porcine (Martel *et al.*, 2012, Figure 1). L'augmentation du nombre d'animaux produits par personne ne se traduit pas forcément par un meilleur revenu pour l'éleveur dont les bénéfices servent en partie à rembourser les emprunts liés aux investissements d'élevage.

Avec la réduction du temps consacré aux animaux, de nombreuses tâches qui offraient la possibilité d'interactions positives avec les animaux ont été automatisées, notamment la distribution de l'aliment remplacée par des distributeurs automatiques (Rushen *et al.*, 1999b ; Hemsworth et Coleman, 2011c). La présence de l'homme se restreint ainsi aux soins minimum ou à des pratiques souvent de nature aversive pour les animaux, telles que la vaccination, la pose de boucles d'identification ou le tatouage, des pratiques d'ablation telles que l'époinçage des dents ou l'écornage, etc. Le risque que l'homme soit associé à des expériences négatives, génératrices de stress et/ou de peur, s'en trouve accru. Ce point de vue reste à nuancer puisque certains éleveurs profitent du temps dégagé par la mécanisation pour observer leurs animaux ou même passer du temps avec eux (Dockès et Kling-Eveillard, 2007). De plus, la peur de l'homme est également présente dans les élevages extensifs peu mécanisés (Boivin *et al.*, 1992). L'augmentation des interactions avec les animaux dépend ainsi de la sensibilité propre des éleveurs à interagir avec leurs animaux.



Source : IFIP, d'après Martel *et al.*, 2012

Figure 1 : Temps consacré aux animaux et nombre d'animaux présents par travailleur sur la période 1999-2011.

L'augmentation du nombre d'animaux par travailleur est concomitante de la diminution du temps passé auprès des animaux. UTA : Unité de Travail Annuelle, équivalent à une personne salariée travaillant à temps plein pendant une année.

Les émotions générées par l'homme chez l'animal replacent ainsi la perception de l'homme par l'animal au cœur du bien-être des animaux (Boivin *et al.*, 2003). La peur de l'homme chez les animaux de rente présente des conséquences indésirables pour les animaux, comme pour les éleveurs (Rushen *et al.*, 1999b ; Waiblinger *et al.*, 2006 ; Hemsworth et Coleman, 2011d). Une peur soudaine, intense ou prolongée peut sérieusement dégrader la santé physique et psychologique des animaux, avec l'affaiblissement des défenses de l'organisme (pour revues

chez les porcs et les volailles : Hemsworth et Coleman, 2011c ; 2011d). Au contraire, les interactions positives (mouvements et déplacements lents, caresses, brossages) diminuent cette peur de l'homme (pour revues Boivin *et al.*, 2003b ; Hemsworth et Boivin, 2011). L'expression de réponses de peur ou de stress fait ainsi écho aux principes des cinq libertés pour l'évaluation du bien-être animal, définies par le *Farm Animal Welfare Council* (Internet Memory Foundation, 2012), en particulier à la liberté relative à l'absence de peur et de détresse.

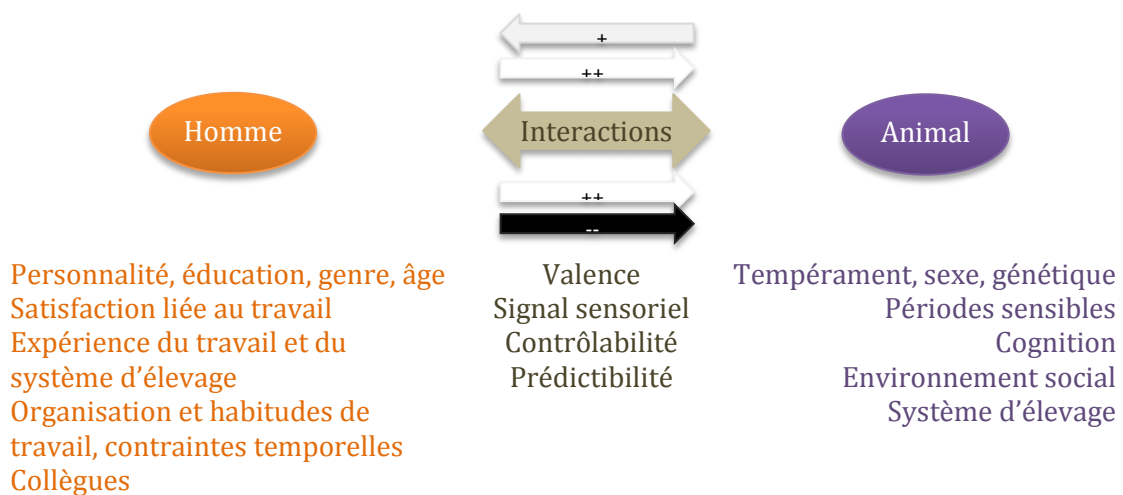
Par ailleurs, les réponses de stress déclenchées par la peur de l'homme ont été associées à des conséquences techniques et économiques délétères pour l'éleveur. Ces réponses pourraient engendrer une diminution des capacités de reproduction des animaux (reprise de cycle, productivité numérique) ou de leur rendement (truies (Hemsworth et Coleman, 2011d), vaches laitières (Breuer *et al.*, 2000 ; Waiblinger *et al.*, 2002)). Elles ont également été associées à une diminution de leur croissance (porcs (Hemsworth et Coleman, 2011d), veaux (Lensink *et al.*, 2000a)) ou encore de leur efficacité alimentaire (poulets de chair (Hemsworth *et al.*, 1994)). Par opposition, une diminution de la peur de l'homme, par l'application de caresses ou une présence accrue de l'homme, a été associée à une amélioration de la productivité des poules pondeuses (Barnett *et al.*, 1994), voire de la qualité des produits carnés issus de veaux (Lensink *et al.*, 2001). Des animaux peureux peuvent aussi se blesser en essayant de fuir l'éleveur, mais également agresser ce dernier ou le blesser lors de leur fuite. Les réactions de peur des animaux représentent ainsi en parallèle une menace pour la sécurité et le confort de travail de l'homme (Boivin *et al.*, 2003b ; Jones et Boissy, 2011).

L'étude des interactions entre l'homme et l'animal domestique s'avère ainsi essentielle à la maîtrise des facteurs bénéficiant au bien-être physique et mental des animaux, au profit engendré par les élevages, ainsi qu'à la satisfaction professionnelle des éleveurs, responsables de la bonne santé et croissance régulière de leurs animaux (pour revues Waiblinger *et al.*, 2006 ; Hemsworth et Coleman, 2011d ; 2011e). Une meilleure compréhension des interactions entre l'homme et l'animal contribue ainsi à répondre au questionnement éthique sur le bien-être animal, aux enjeux économiques par le niveau de performances des animaux et social par la satisfaction du travail des éleveurs, et au final à l'amélioration de la durabilité des élevages.

3. VERS UNE AMELIORATION DES RELATIONS HOMME-ANIMAL

Des stratégies d'amélioration de la relation homme-animal ont été proposées afin d'améliorer la qualité de vie des éleveurs, de leurs animaux et la perception du métier d'éleveur par le public (Waiblinger *et al.*, 2006 ; Dockès et Kling-Eveillard, 2007 ; Hemsworth et Coleman,

2011a ; Boivin *et al.*, 2012). Ces stratégies incluent des programmes de formation auprès des éleveurs afin de modifier leurs comportements avec les animaux, une augmentation des contacts entre les hommes et les animaux et la mise en place de pratiques dites relationnelles. Ces dernières impliquent de prendre en compte l'ensemble des facteurs internes et externes qui peuvent influencer chacun des acteurs de la relation (Figure 2). Boivin *et al.* (2012) proposent d'orienter les décisions de l'éleveur dans le but d'améliorer les manipulations des animaux de manière à provoquer moins de stress chez les animaux, à assurer plus de sécurité et de confort pour l'éleveur tout en restant efficace. Ces pratiques nécessiteraient de repenser une majeure partie du système d'élevage, en passant par le choix des reproducteurs favorisant une relation positive avec l'homme, par le choix des périodes d'interventions critiques lors du développement de l'animal pendant lesquelles l'animal présente une plus grande sensibilité aux interactions avec l'homme ou encore par l'optimisation des interactions positives avec les animaux.



Adapté de Boivin *et al.*, 2012

Figure 2 : Facteurs d'influence de la relation homme-animal.

L'ensemble de ces facteurs (liste non exhaustive) serait pris en compte à l'échelle de l'élevage dans la mise en place de pratiques relationnelles. Ces pratiques visent à établir une relation profitable à la fois à l'éleveur et à ses animaux.

Les pratiques relationnelles visent à assurer un équilibre des interactions positives, neutres et négatives, en privilégiant les deux premières. La proportion des interactions négatives devrait nécessairement rester faible afin de favoriser une relation neutre ou positive (Hemsworth et Coleman, 2011b). En effet, même si certaines pratiques d'élevage impliquent des interactions aversives car douloureuses ou éprouvantes psychologiquement (castration, isolement), une récompense (aliment préféré de l'animal) ou la présence d'une personne familière peut calmer les animaux (Grandin, 1989 ; Boivin *et al.*, 2000 ; Hemsworth et Coleman, 2011b). Ces interactions positives réduisent ainsi la détresse, le risque de blessure et le

caractère négatif de l'évènement. Ces recommandations nécessitent cependant d'élargir nos connaissances sur la valence des interactions avec l'homme pour l'animal, la manière dont elles sont perçues par les animaux tant du point de vue de leur sensibilité sensorielles que de leur capacités d'intégration cognitives. De cette acquisition de connaissances dépend la manière dont ces interactions pourraient être utilisées par l'homme (Boivin *et al.*, 2003a).

INTRODUCTION GENERALE

1. LES RELATIONS INTERINDIVIDUELLES

Les relations entre deux ou plusieurs individus, ou entre groupes d'individus, sont décrites en terme de filiation (proximité génétique) ou d'influence d'une population sur une autre (prédation, parasitisme, apprivoisement, symbiose (Encyclopedia, 2010)). Les relations peuvent ainsi s'établir entre les membres d'une espèce ou entre différentes espèces.

1.1. LES RELATIONS INTRA ET INTERSPECIFIQUES

Hinde (1976) a défini les relations sociales comme une série d'interactions entre deux individus. Ces interactions correspondent à un échange d'informations à travers une séquence de comportements. Au cours de cette séquence, un premier individu exprime un comportement envers un second individu qui répond par un autre comportement ; cette réponse pouvant affecter le premier individu en retour. Cette définition a été établie au sein d'une même espèce, toutefois, des relations peuvent également s'établir entre deux espèces différentes. En effet, des agneaux adoptés par des chèvres ou des chevreaux par des brebis, expriment une préférence pour leur espèce d'adoption lors de tests de choix au cours de leur première année de vie (Kendrick *et al.*, 1998). Chez les mâles, les comportements sexuels sont également dirigés vers les femelles de l'espèce d'adoption après un an. Par ailleurs, des agneaux et des chevreaux élevés ensemble (Price et Thos, 1980) ou encore des agneaux et des chiens (Cairns et Johnson, 1965) expriment des comportements liés à la détresse (vocalisations, sauts contre les murs, motricité accrue) lorsqu'ils sont séparés de leur partenaire. Ces comportements s'avèrent similaires à ceux observés lorsque les animaux sont élevés puis isolés de leurs partenaires intraspécifiques.

Par ailleurs, les relations interspécifiques peuvent nécessiter une adaptation de l'éthogramme des espèces : lors d'une séquence de jeu, le chien n'utilise pas les mêmes comportements selon que son partenaire est un chien ou un homme (Rooney *et al.*, 2000). De nouveaux comportements, dédiés aux interactions interspécifiques peuvent également émerger comme les miaulements émis par le chat à destination de l'homme (Yeon *et al.*, 2011). Dans un autre exemple, les pique-bœufs à bec rouge (*Buphagus erythrorhynchus*) adoptent une stratégie de déparasitage spécifique aux impalas (*Aepyceros melampus*), qui diffère de celle adoptée avec les autres ongulés partageant leur territoire (Hart *et al.*, 1990). Les pique-bœufs se concentrent particulièrement sur les zones de peau que les impalas ne peuvent pas atteindre. L'extension de la définition des relations interindividuelles par Hinde (1976) aux relations interspécifiques entre les espèces permet ainsi d'envisager l'homme comme partenaire de la relation avec

l'animal (Estep et Hetts, 1992). C'est dans ce cadre que s'insère cette thèse, à savoir l'étude des interactions entre l'homme et l'animal.

1.2. LA RELATION HOMME-ANIMAL

La relation homme animal est une relation qui s'établit entre deux individus de deux espèces différentes (Encyclopedia, 2010 ; Estep et Hetts, 1992). Il n'existe cependant pas une seule définition de la relation homme-animal et selon les auteurs, ses propriétés et ses caractéristiques permettent de déterminer les différents types de relations homme-animal qui existent.

1.2.1. UNE DEFINITION

La relation homme-animal peut être définie comme le degré de proximité entre l'homme et l'animal, qui correspond à la représentation mutuelle qui se développe entre les deux protagonistes et qui s'exprime dans leur comportement réciproque (Estep et Hetts, 1992). Pour l'animal, l'homme peut être effrayant ou source de danger, ce qui s'exprime par des comportements de défense active (menace, attaque, cris d'alarme), d'évitement actif (fuite, dissimulation) ou d'évitement passif (immobilité, pour revue Hemsworth et Coleman, 2011d ; Kornum et Knudsen, 2011). La réponse de peur des animaux est sans doute la plus documentée (Hemsworth et Coleman, 2011d), comparativement à des réponses émotionnelles à valence neutre ou à valence positive, associées à une situation avec l'homme (Waiblinger *et al.*, 2003). Il a été montré en effet que l'homme peut induire des émotions positives chez l'animal en réponse à des caresses et que sa présence dans une situation stressante peut être apaisante (Lynch *et al.*, 1974 ; Kostarczyk, 1992 ; Uvnäs-Moberg *et al.*, 1996 ; Hemsworth et Boivin, 2011). Un nombre croissant d'études sur la recherche du contact de l'homme par les animaux, voire le développement d'un attachement pour l'homme, ont confirmé que l'homme fait partie de l'univers relationnel des animaux (pour revues (Boivin *et al.*, 2003b ; Boissy *et al.*, 2009 ; Hemsworth et Coleman, 2011d).

La relation-homme animal est un processus dynamique qui se construit sur la succession des interactions entre l'homme et l'animal, influençant la nature et la perception émotionnelle des interactions ultérieures (Estep et Hetts, 1992 ; 2011e). En effet, la qualité (positive, neutre, négative) et la fréquence (de rare à répétée) des interactions entre l'homme et l'animal, tout

comme le contexte dans lequel elles ont lieu, déterminent la qualité de la relation homme-animal et la représentation mutuelle de chacun des protagonistes (Hemsworth et Coleman, 2011d).

1.2.2. LES DIFFERENTS TYPES DE RELATIONS HOMME-ANIMAL

EN FONCTION DU STATUT ACCORDE A CHACUN DES PARTENAIRES

Les représentations de l'homme à propos de l'animal sont multiples : « *from dead merchandise up to a deity* » de la marchandise sans vie à la déité (cf. Contexte, (Hediger, 1965)). Il en va de même dans la manière de se représenter l'homme pour les animaux, selon le statut qui est accordé à l'animal par l'homme (Hediger, 1965). L'homme peut être engagé dans une relation de prédation où l'animal est alors la proie. Ce type de relation se retrouve notamment avec les animaux de laboratoire (rats, souris, hamsters) pour lesquels il est souvent recommandé d'interagir de manière positive afin de réduire les risques de réactions défensives (morsures, fuite, etc. Short (1967) cité par Hediger, 1965, Chevallier, 1987 ; Estep et Hetts, 1992)). Hediger (1965) inclut également l'animal sauvage, tel que le gibier, dans la relation de prédation. Toutefois, son existence est remise en cause par le faible nombre d'interactions entre l'homme et l'animal sauvage (cf. Contexte). Il en va de même pour les relations de prédation où, à titre exceptionnel, l'homme devient la proie d'animaux captifs de zoos ou lors d'études scientifique de terrain (Hediger, 1965 ; Estep et Hetts, 1992). Par ailleurs, les animaux domestiques ou expérimentaux peuvent s'habituer à la présence de l'homme dans leur environnement, qui n'est alors ni une forme de récompense ni de punition (Estep et Hetts, 1992 ; Hemsworth et Coleman, 2011d). La relation homme-animal peut également devenir symbiotique, lorsqu'un bénéfice mutuel ressort de la coprésence de l'homme et de l'animal dans le même environnement. C'est le cas notamment entre les récolteurs de miel mozambiquiens qui appellent les oiseaux guides grands indicateurs (*Indicator indicator*) pour récolter du miel dans la nature (Spottiswoode *et al.*, 2016). Les oiseaux les guident jusqu'aux ruches des abeilles et bénéficient des restes de miel et de cire après la récolte. L'élevage des animaux domestiques est parfois considéré comme une symbiose entre l'éleveur qui prodigue les soins, la nourriture et un abri aux animaux et qui profite en retour de leurs productions (Lensink, 2002, Serpel (1986) cité dans Hemsworth, 2007). Enfin, la relation de conspécifique est régulièrement citée dans la littérature, bien que peu d'études soient rapportées sur le sujet. Dans ce cas, l'un des deux partenaires adopte des comportements de l'autre espèce. A titre d'exemple, les pasteurs nomades Fulani (Afrique Subsaharienne) adoptent des comportements intraspécifiques de type caresses, menaces et coups, qui sont observés chez les bovins, pour s'intégrer à leurs troupeaux et jouer un rôle de leader et d'individu dominant (Lott et Hart, 1979).

D'après Estep et Hetts (1992), ces différents types de relations entre hommes et animaux ne sont pas exclusifs. L'animal peut percevoir l'homme comme une combinaison de ces représentations, selon un continuum modifiable par la fréquence et la nature des interactions entre les deux acteurs de la relation. Il est, par exemple, recommandé de passer du temps auprès d'animaux nouvellement arrivés sur une exploitation, afin de réduire la peur spontanément générée par le nouvel éleveur non familial (Hulsen et Scheepends, 2007). La posture debout étant plus effrayante que la posture assise (Miura *et al.*, 1996), l'ordre d'utilisation de ces postures avec les animaux fait également partie de ces recommandations.

Ces typologies descriptives des relations entre hommes et animaux font appel aux définitions écologiques des relations entre les individus ou groupes d'individus. D'après Boivin *et al.* (2003b), elles ne prennent pas en compte la perception de l'homme par l'animal, en particulier dans la relation entre l'homme et l'animal domestique. D'autres définitions ont alors été proposées par les éthologues, adoptées dans le cadre de cette thèse.

EN FONCTION DE LA QUALITE ET DE LA PERCEPTION DES INTERACTIONS ENTRE L'HOMME ET L'ANIMAL

Les travaux des éthologues chez les animaux domestiques ont permis de déterminer trois types de relations : positive, neutre et négative (Waiblinger *et al.*, 2003). Une relation positive se caractérise par la recherche de la proximité et du contact de l'homme, des latences d'approche et d'interactions plus courtes comparativement aux autres relations, des durées d'interaction plus longues avec une expression possible de comportement d'affinité (Waiblinger *et al.*, 2006). Dans une relation neutre les animaux n'expriment pas de peur en présence de l'homme mais évitent le contact physique avec celui-ci (Waiblinger *et al.*, 2003). Enfin, une relation négative se caractérise par l'expression de la peur des animaux en présence de l'homme. Les animaux peuvent alors présenter des réactions défensives d'attaque ou de fuite, une vigilance accrue ou rester immobiles, et ces comportements peuvent s'accompagner de vocalisations associées à des émotions négatives (Waiblinger *et al.*, 2006).

Dans des environnements confinés ou pilotés par l'homme, ce dernier détermine et initie majoritairement le nombre et la nature des interactions avec l'animal (Waiblinger *et al.*, 2006). Evaluer l'impact de ces interactions permet ainsi de déterminer l'adéquation des comportements humains aux situations dans lesquelles l'homme et l'animal interagissent, participant au maintien ou à l'amélioration d'une relation profitant à chacun des partenaires de la relation (cf. Contexte (Boivin *et al.*, 2012)). D'un point de vue plus théorique, déterminer

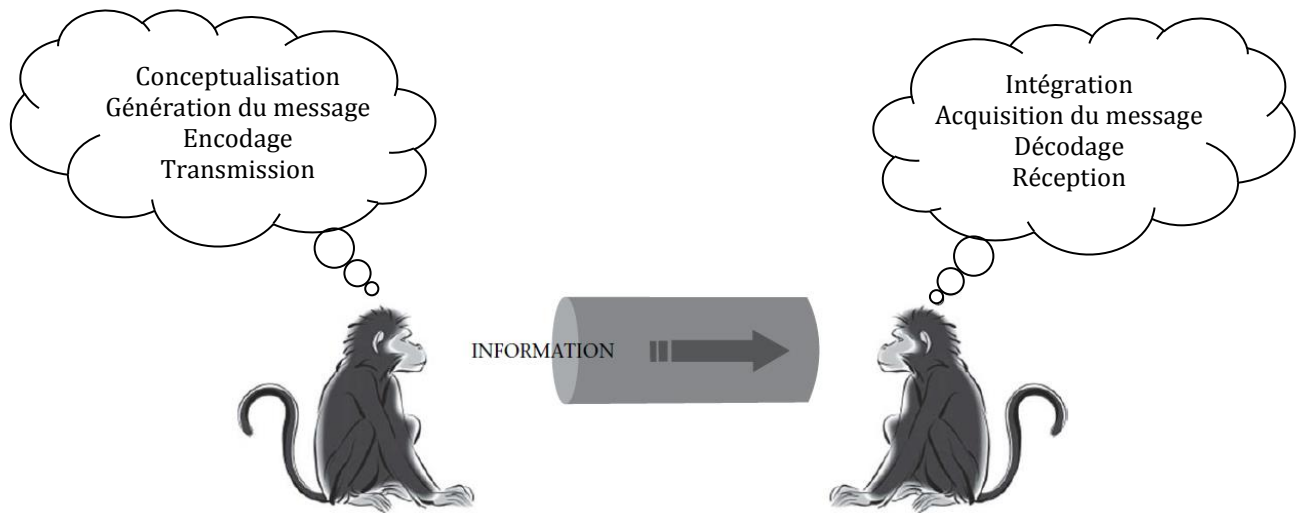
l'impact des interactions entre l'homme et l'animal profite à une meilleure connaissance de la perception mutuelle de chaque partenaire de la relation et plus largement, de l'univers relationnel des animaux (Appleby et Hughes, 1993 ; Tanida *et al.*, 1994).

2. LA COMMUNICATION ENTRE LES ORGANISMES

En sciences de la communication, l'école de pensée du Palo Alto considère que lors d'une interaction entre deux individus « [...] tout comportement a la valeur d'un message, c'est-à-dire qu'il est une communication, il s'ensuit que **l'on ne peut pas ne pas communiquer**, qu'on le veuille ou non. [...] tout a valeur de message. » (Watzlawick *et al.* (1972), cité par Cosnier (1982)). Les travaux sur la communication animale intra ou interspécifique (homme inclus) montrent que la communication est le fondement des relations entre les individus (Marler et Hamilton, 1966a ; Estep et Hetts, 1992). La communication tactile dans les relations sociales des insectes et la communication visuelle dans les relations de prédation, peuvent être citées en exemple. Les voies sensorielles étant le support de la communication, nous ferons le point sur les connaissances de l'utilisation des différentes voies sensorielles impliquées dans les interactions entre l'homme et l'animal et ainsi lors de la construction d'une relation entre ces acteurs.

2.1. UNE DEFINITION DE LA COMMUNICATION

De nombreuses définitions de la communication entre les organismes ont été proposées à partir du modèle mathématique de la communication proposé par Shannon et Weaver (1963) (pour revues (Hauser, 1996b ; Rendall *et al.*, 2009 ; Owren *et al.*, 2010)). La communication repose sur un transfert d'information entre un organisme émetteur et un organisme receveur, par l'intermédiaire de leurs organes sensoriels, dans le but de tenter d'influencer le comportement présent ou futur du récepteur (Figure 3). Certains auteurs complètent ce modèle avec la réponse du receveur qui, si elle est correctement interprétée, permet d'évaluer l'intégration du message transmis (Wilson, 1980 ; Estep et Hetts, 1992). C'est dans ce cadre que se place la thèse.



Adapté de Rendall et al. (2009)

Figure 3: Modèle du transfert de l'information lors de la communication animale intraspécifique.

L'émetteur produit un message dont le contenu est encodé par un transmetteur (le mécanisme vocal) sous la forme d'un signal (acoustique) et transmis à travers un canal de communication (l'air) au receveur. Ce dernier décode le signal et prend connaissance du contenu du message pour l'intégrer.

La communication peut également s'établir autour d'une entité autre que l'émetteur ou le receveur, à savoir un objet, un lieu, un évènement (Hauser, 1996a). On parle alors de communication référentielle lorsque l'émetteur attire l'attention de l'autre, fait référence ou donne des informations à propos de cette entité (Malavasi et Huber, 2016). Par exemple, une abeille butineuse informe d'autres abeilles de la distance, de la localisation et de la qualité de la nourriture qu'elle a trouvée à travers une « danse » qui utilise les modalités sensorielles visuelle, auditive, olfactive et tactile (pour revue Hauser, 1996a). Selon la pertinence de l'information, les autres abeilles choisiront de poursuivre leur comportement présent ou de l'interrompre pour suivre la butineuse (Owren *et al.*, 2010). Par ailleurs, l'environnement peut interférer avec la transmission de l'information par ses composantes physiques (dispersion, réflexion), climatiques ou biotiques (végétation, faune), qui produisent des interférences avec le message initial (appelé bruit, (Hauser, 1996a)). La motivation et l'état d'attention du receveur peuvent également affecter la perception du signal, tout comme la présence d'autres individus (effet d'audience) peut influencer sur son émission.

Dans le cas de la communication interspécifique, afin que le transfert d'information ait lieu, le système sensoriel utilisé par l'émetteur et l'intensité du signal émis doivent être adaptés et correspondre aux capacités de perception du récepteur. En effet, chaque espèce possède un monde propre (*Umwelt* (Von Uexküll, 2001)), comprenant une sensibilité propre, déterminée par les voies sensorielles qu'elle utilise pour interagir avec son environnement. Un même stimulus peut ne pas être perçu de la même façon par deux espèces différentes partageant le

même environnement physique car leurs mondes propres diffèrent. Par exemple, la tige d'une fleur nous apparaît comme un support pour une fleur, alors qu'elle correspond à un tube rempli de nectar pour un insecte. Une correspondance entre les sensibilités des espèces s'avère nécessaire afin que puisse s'opérer le transfert d'information total ou partiel entre les organismes au cours d'une interaction (Estep et Hetts, 1992 ; Hauser, 1996b). Lorsque les perceptions de chaque protagoniste de l'interaction concordent, la communication est effective et a de plus forte chance d'aboutir à des comportements prévisibles. Lorsqu'elles ne sont pas congruentes, une mauvaise interprétation des informations transmises est fort probable et la réponse du récepteur plus aléatoire (Estep et Hetts, 1992). Par ailleurs, les stimuli peuvent être transmis volontairement ou non et de manière permanente ou non, des distinctions peuvent être faites entre les informations transmises (Hauser, 1996b).

2.2. LES DIFFERENTES INFORMATIONS SENSORIELLES :

Plusieurs stimuli sensoriels peuvent être distingués : les signes, les indices et les signaux (Hauser, 1996b). Les **signes** sont émis de manière involontaire et donnent des informations décalées, dans le temps et l'espace, de la présence de l'émetteur. Les signes n'informent les receveurs que par association à des caractéristiques biologiquement significatives de l'environnement. Par exemple, les traces laissées par un prédateur informent ses proies de son passage dans le cas où elles sont capables de les distinguer d'autres traces. Les **indices** sont émis de manière permanente et correspondent à des phénotypes individuels ou d'espèce. Ils ne nécessitent pas de dépense énergétique supplémentaire pour être émis. Par exemple, les couleurs vives ou les dessins disruptifs avertissent du danger que certaines espèces représentent. Les **signaux** quant à eux sont émis temporairement en réponse à un changement significatif de l'environnement. Ils nécessitent une dépense énergétique lors de leur émission. Par exemple, certaines crevettes marines (*Gonodactylus bredeni*) défendent l'entrée de leur cavité par un mouvement d'extension de leur pince qui peut aller jusqu'à frapper le sol. Ce mouvement nécessite une dépense énergétique supplémentaire et n'est réalisé qu'à l'approche d'un éventuel compétiteur. Les signaux sont utilisés de manière spécifique et peuvent également l'être entre les espèces : le cri d'alarme d'une proie prévient ses conspécifiques, mais également les individus d'autres espèces soumises à la même prédation, de la présence d'un prédateur. Ce cri génère une convergence des comportements des différentes espèces comme la fuite. Ainsi, le mérion superbe (*Malurus cyaneus*) fuit en réponse aux cris d'alarme du Séricorne à sourcils blancs (*Sericornis frontalis*) révélant la présence de faucons (Magrath *et al.*, 2009). Chez les ongulés, l'impala (*Aepyceros melampus*), l'antilope tsessebe (*Damaliscus lunatus*), le zèbre (*Equus*

burchelli) et le gnou bleu (*Connochaetes taurinus*) fuient aux cris des babouins (*Papio hamadryas ursinus*) émis en présence de lions ou de léopards (Kitchen *et al.*, 2010).

Nous nous intéresserons principalement dans la suite de cette introduction aux indices et aux signaux sensoriels. Selon les organes sensoriels utilisés, la communication est qualifiée d'acoustique, de visuelle, de chimique (olfactive) et/ou de tactile. L'état des connaissances sur ces différents modes de communication est développé dans la partie suivante de l'introduction, avec un focus particulier sur la transmission d'informations auditives, qui a fait l'objet du travail de thèse.

2.3. LA COMMUNICATION ACOUSTIQUE

Chez les vertébrés terrestres, la production de sons est souvent associée à l'organe respiratoire (poumons et trachée (Marler et Hamilton, 1966a), Figure 4). Les mouvements d'air sont utilisés pour faire vibrer certaines membranes (sacs vocaux, cordes vocales du larynx par exemple) et leurs fréquences sont modulées (amplifiées et/ou atténuées) dans les chambres de résonance comme le tractus vocal (pharynx, cavités buccale et nasale). Chez l'homme, un deuxième filtrage est réalisé par les mouvements des lèvres et de la langue, modulant les sons pour produire le langage (Briefer, 2012). Des sons non vocaux peuvent aussi être produits en frappant ou en frottant des parties du corps, des objets de l'environnement ou au cours de la locomotion.

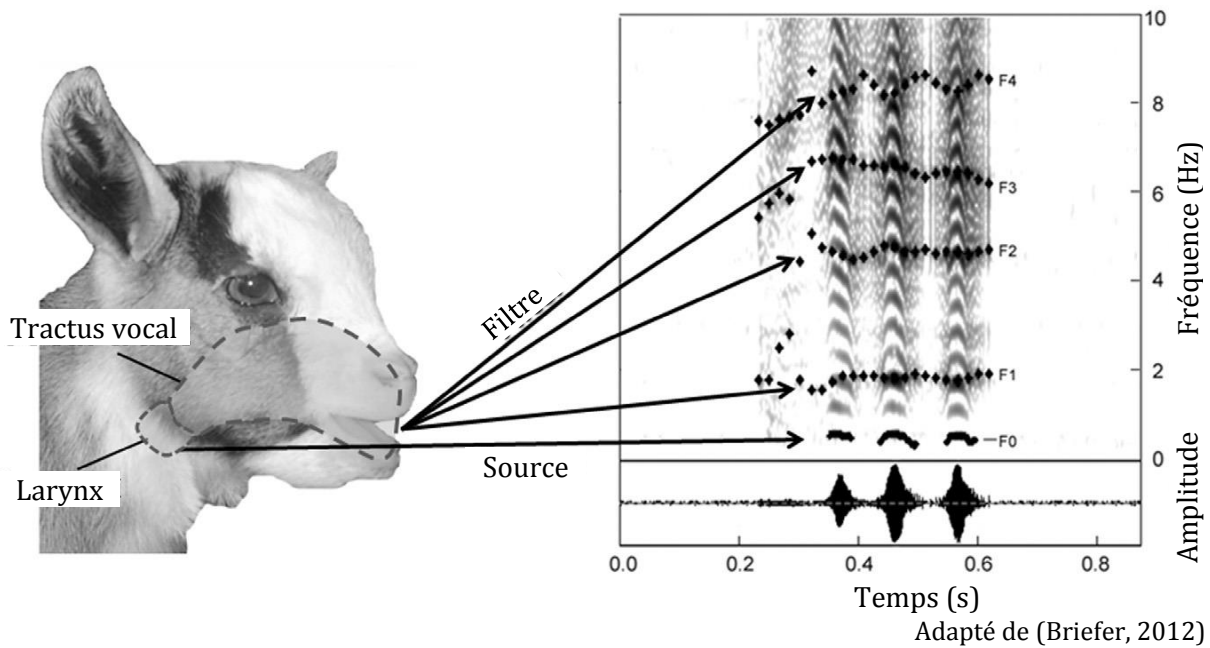
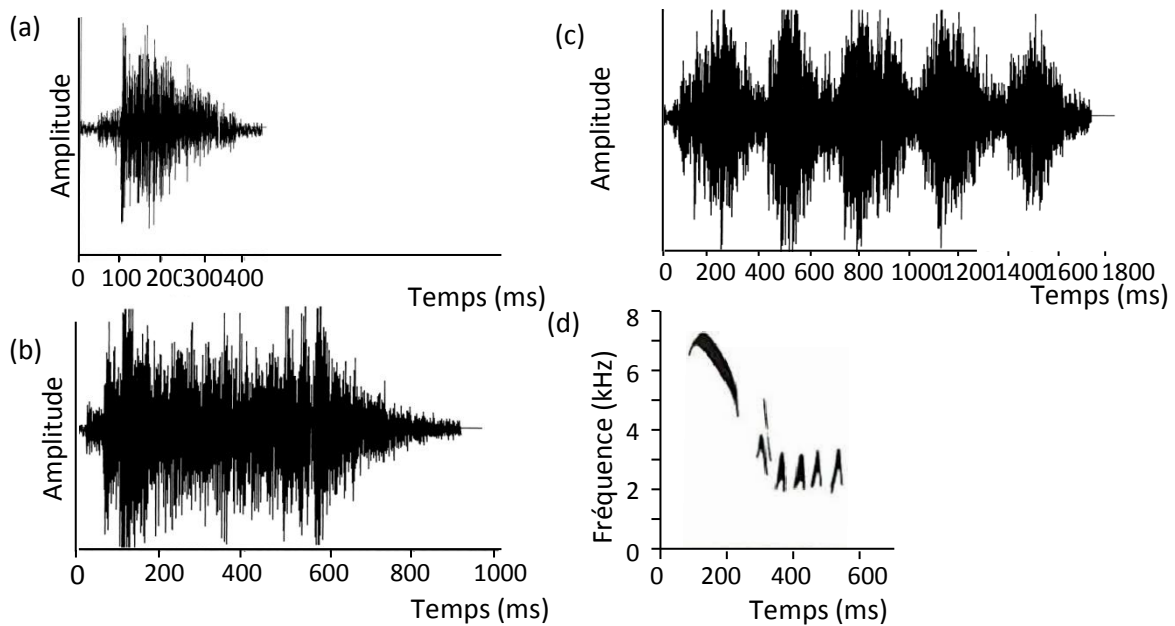


Figure 4: Illustration de la théorie source-filtre des productions vocales.

Sur la gauche, le schéma indique la localisation du larynx et du tractus vocal, impliqués dans la production vocale chez un chevreau. À droite, le spectrogramme (au-dessus) et l'oscillogramme (au-dessous) présentent les variations d'amplitude et de fréquences (fréquence fondamentale F0 et formants F1 à F4) du même cri. Le signal source (son initial) est produit par la vibration des cordes vocales situées dans le larynx, déterminant la fréquence fondamentale (F0) du cri. Les caractéristiques du tractus vocal, propres à l'animal, filtrent le signal source, déterminant les formants (F1 à F4).

Les signaux acoustiques transmettent un maximum d'information sur d'importantes distances, de façon discontinue et rapide, sans nécessairement interrompre un autre comportement (Hauser et Konishi, 1999). Ils présentent l'inconvénient de ne pas être sélectifs ; les ondes sonores irradiant depuis leur source d'émission dans toutes les directions, plusieurs récepteurs peuvent les entendre. Cependant, cette propriété spatiale, ainsi que les propriétés physiques des ondes sonores, permettent de localiser la source d'émission du son (Marler et Hamilton, 1966b). Ainsi, la présence de deux oreilles séparées sur la tête du récepteur assure une détection différenciée des sons (l'une reçoit le signal après l'autre) qui participe à la localisation de la source d'émission. Les signaux auditifs sont modulables, leur variabilité s'exprime en termes de durée, de rythme, d'intensité et de fréquence (Hauser et Konishi, 1999, Figure 5). Les appareils auditifs des vertébrés terrestres leur permettent de détecter les variations de fréquence (contrairement aux insectes), d'intensité et de rythme. La complexité des appareils auditifs assure une détection des variations des sons, dont la subtilité est exploitée dans le répertoire vocal des espèces (Marler et Hamilton, 1966b).



(a), (b) et (c) : vocalisations de porcs, d'après Marchant et al. (2001)
 (d) vocalisations de mésange à plumet noir d'après Marler et Hamilton (1966)

Figure 5 : Exemples de variations des vocalisations.

La durée des vocalisations peut être courte (a) ou longue (b), leur rythme répété (c), et leur fréquence peut varier en amplitude (d).

Les variations du répertoire vocal des animaux permettent de transmettre leurs états internes (leurs motivations, leurs intentions, leurs émotions), mais également leur identité et leurs perceptions des événements externes (Cosmides, 1983 ; Lemasson *et al.*, 2010 ; Briefer, 2012 ; Briefer *et al.*, 2015). Dans l'espèce humaine, les voix parlées des adultes présentent des fréquences fondamentales qui varient entre 100 et 165 Hz pour l'homme et entre 175 et 250 Hz pour la femme (Titze, 2000). Ces fréquences peuvent présenter des variations importantes chez un même locuteur selon son âge, le type de phrase prononcée, son attitude et son état émotif. L'étendue des variations de la voix humaine correspond aux spectres auditifs de nombreuses espèces d'oiseaux et de mammifères (Bowles, 1995 ; Heffner, 1998, Tableau 1). La structure des répertoires vocaux de ces espèces présente des caractéristiques communes avec le répertoire vocal de l'homme (Morton, 1977), ces espèces sont donc susceptibles de présenter une certaine sensibilité à la voix humaine.

Tableau 1: Caractéristiques auditives de plusieurs espèces de mammifères et d'oiseaux.

Les limites basses et hautes représentent les fréquences minimales et maximales audibles à 60 dB. Le seuil d'audition correspond à l'intensité la plus faible qui peut être entendue, atteint à sa fréquence optimale.

Espèce ou taxon	Limite basse (Hz)	Limite haute (kHz)	Seuil d'audition (dB)	Fréquence optimale (kHz)	Référence
Mammifères	10	150	0.4	6.8	1, 3
Souris de laboratoire	900	79	5	15	2
Chat	55	79	-10	8	2
Rat de laboratoire	530	70,5	0	8	2
Lapin	96	49	4	4	2
Cochon d'Inde	47	49	-6	8	2
Chien	67	44	-1	8	2
Mouton	125	42	-6	10	2
Porc	42	40,5	9	8	2
Chèvre	78	37	-11	2	2
Vache	23	37	-11	8	2
Cheval	55	33,5	7	2	2
Chinchilla	50	33	1	1	2
Homme	31	17,6	-10	4	2
Oiseaux	100	10	0-10		1
Canari	250	10	8	2,8	2
Perruche	125	8	2	2,8	2
Diamant mandarin	<250	7	21	4	2
Dindon	<250	7	17	1	2
Pigeon	<125	6,6	10	3	2
Canard colvert	<300	6	15	2	2

Références : 1 : d'après (Bowles, 1995), 2 : d'après (Heffner, 1998), 3 : d'après (Heffner et Heffner, 1990)

A partir des ressemblances entre les répertoires vocaux de différentes espèces, Morton (1977) a suggéré que des vocalisations aux caractéristiques similaires étaient émises par différentes espèces dans des contextes impliquant des motivations similaires. Morton a proposé des règles structurelles de motivation régissant la production de ces vocalisations, c'est-à-dire que des vocalisations émises dans deux contextes différents (agonistique *versus* peur ou affiliation) seraient structurellement différentes. Ainsi, les motivations hostiles conduiraient à la production de vocalisations de basses fréquences, atonales (comportant du bruit) et les vocalisations tonales (pures) seraient associées à des motivations de nature apaisante voire affiliative. Ce raisonnement repose sur le rapport entre la taille d'un animal et la menace potentielle qu'il représente, plus celle-ci est importante, plus ses cordes vocales le sont, et plus l'animal peut produire des sons de basses fréquences. A l'inverse, les sons aigus produits par les

juvéniles seraient émis pour attirer les adultes à leur égard, notamment lorsque les juvéniles des espèces aviaires sont en compétition avec les autres membres de la couvée. Les cris des jeunes augmentant en fréquence mais également en rythme à l'approche des adultes du nid, aussi, des vocalisations au rythme rapide seraient attirantes.

Les études ultérieures portées sur les caractéristiques des vocalisations ont par la suite permis de confirmer partiellement le modèle de Morton. August et Anderson (1987) ont mis en évidence des caractéristiques communes aux vocalisations émises en situation agonistique chez une cinquantaine d'espèces de mammifères, à savoir une fréquence basse et une large bande spectrale (son atonal). Les caractéristiques des vocalisations émises en situation de peur ou de nature affiliative présentent par contre des fréquences hautes et des sons tonals, mais avec une plus grande variabilité. Cette variabilité peut être expliquée par les différences entre les deux contextes (peur/affiliation) dans lesquels sont émises ces vocalisations, qui impliquent des processus cognitifs et/ou physiologiques différents (Boissy *et al.*, 2007 ; Jones et Boissy, 2011). Ainsi, les vocalisations de très hautes fréquences peuvent être associées à des contextes très négatifs, comme les cris de douleur lors de la castration des porcelets (au-delà de 1 kHz (Weary *et al.*, 1998)) ou lorsque les femelles Toupaye de Belanger (*Tupaia belangeri*, un mammifère arboricole asiatique) poussent des cris de menace en réponse à l'approche d'un mâle inconnu (au-delà de 2 kHz (Scheumann *et al.*, 2012)). De plus, la gamme de fréquences des vocalisations associées à un contexte affiliatif varie très largement, si on considère les ronronnements graves des félidés (26 Hz (Peters, 2002)) et les émissions ultrasoniques des rats (50 kHz (Brudzynski, 2007)). Briefer (2012) souligne également la limite des données sur les caractéristiques acoustiques des vocalisations associées à des états émotionnels à valence positive, comparativement aux vocalisations émises dans un contexte à valence négative.

Les recherches actuelles tendent plutôt à corréliser l'augmentation de la fréquence des vocalisations à l'intensité émotionnelle ressentie par les sujets (état d'éveil), plutôt qu'à sa valence émotionnelle (pour revue chez les mammifères Briefer, 2012). A titre d'exemple, la douleur, l'isolement social *versus* le jeu ou le toilettage impliquent une intensité émotionnelle comparable mais des valences émotionnelles diamétralement opposées. Par ailleurs, d'autres caractéristiques comme le rythme des vocalisations renseignent également sur la valence attribuée par l'animal au contexte dans lequel il est placé, avec toutefois des différences qui apparaissent entre espèces. Par exemple, un chaton isolé de sa fratrie et retenu par un expérimentateur émet des vocalisations plus rapides que lorsqu'il est seulement isolé (Scheumann *et al.*, 2012), tandis que le chien émet des grognements plus rapides dans une situation de jeu que dans une situation d'agression (Taylor *et al.*, 2009). Cette caractéristique

physique des vocalisations, qui n'est pas toujours renseignée dans la littérature, mériterait d'être plus étudiée.

Chez l'homme, l'expression des émotions par le canal acoustique ne suit pas strictement les mêmes règles, mais décrit des points communs avec ce qui est observé chez l'animal. Ainsi, la fréquence des productions vocales est aussi corrélée à l'état d'éveil émotionnel des sujets (Bänziger *et al.*, 2002 ; Juslin et Laukka, 2003), mais cet état ne dépend pas de la valence associée à la production vocale. La colère et la joie, par exemple, impliquent un état d'intensité émotionnelle proche et sont associées à des fréquences fondamentales et des formants (fréquences de résonances) élevés (Briefer, 2012 ; Juslin et Laukka, 2003). Les formants peuvent toutefois être affectés par les expressions faciales, le sourire tendant à élever les fréquences des formants tandis que froncer les sourcils tend à les abaisser (Juslin et Laukka, 2003). Certaines études ont trouvé une association entre les valences émotionnelles positives et les fréquences fondamentales basses de la voix (Scherer et Oshinsky, 1977 ; Laukka *et al.*, 2005), tandis que pour d'autres il n'y a pas de corrélation entre la valence des émotions exprimées et les caractéristiques physiques de la voix (Davitz, (1964) cité par Pereira, 2000 ; Laukka *et al.*, 2005). Les fréquences fondamentales ne permettent pas à elles seules de déterminer l'émotion exprimée, compte tenu de l'implication de la prosodie qui, selon Juslin et Laukka (2003) est aussi nécessaire dans la détermination de la valence émotionnelle. Un état de tristesse, autre émotion à valence négative, diminue le rythme de la parole tandis que l'augmentation du rythme a été associée à une voix joyeuse (Juslin et Laukka, 2003 ; Laukka *et al.*, 2005). Cependant, la colère conduit aussi à une augmentation du rythme de la parole, une articulation plus précise et des pauses plus réduites. L'absence de consensus entre les études peut être liée à la diversité des méthodologies appliquées, à commencer par l'obtention des enregistrements vocaux (en situation naturelle, induite au laboratoire ou encore simulée par des acteurs), la définition des états émotionnels (la colère peut s'exprimer de manière froide ou explosive) ou encore des paramètres physiques relevés (Bänziger *et al.*, 2002 ; Juslin et Laukka, 2003).

Par comparaison à l'homme, les changements d'amplitude ou de fréquence des vocalisations émises chez les primates (mones de Campbell (Lemasson *et al.*, 2010)), s'apparentent à une forme de prosodie. Des séries de cris d'alarme (K+) sont émises plus rapidement en présence d'un prédateur qu'en son absence et ce rythme est plus accéléré lorsque les animaux voient le prédateur plutôt que lorsqu'ils l'entendent. Chez la truie, au moment de l'allaitement des porcelets, le rythme des grognements augmente puis diminue en parallèle de la disponibilité du lait, sous l'influence de l'ocytocine (Fraser, 1980 ; Jensen, 2002, Figure 6). Une forme de prosodie existe donc également chez les animaux.

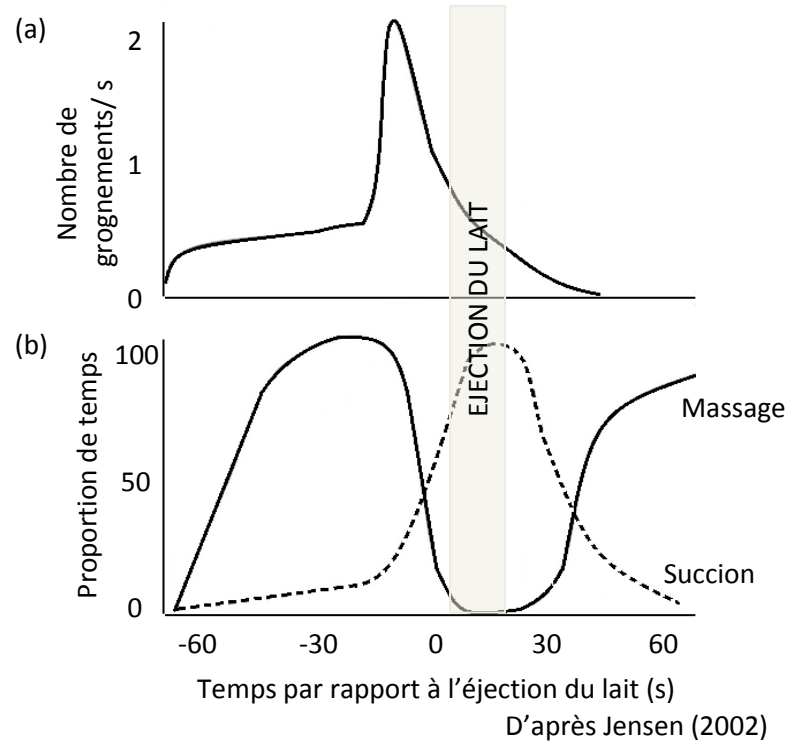


Figure 6 : Rythme des grognements de la truie (a) et modifications comportementales des porcelets (b) pendant les périodes pré et post-éjection du lait.

Les formes et caractéristiques de la communication acoustique sont ainsi variées tout en présentant des points communs entre les espèces. Des correspondances pourraient donc exister entre la communication vocale de l'homme et la communication acoustique de nombreuses espèces. La communication acoustique, fortement utilisée dans l'expression des relations sociales n'en reste pas moins compatible avec l'utilisation d'autres formes de communication (Marler et Hamilton, 1966a).

2.4. LES AUTRES FORMES DE COMMUNICATION

La communication visuelle assure le transfert de signaux lumineux, colorés (avec ou sans motifs) et/ou de forme (postures, gestes ou mimiques) (Coulon, 1982). Elle est considérée comme la plus efficace et précise à courte distance, pour les espèces possédant une bonne acuité visuelle. La communication olfactive présente une variabilité importante selon les caractéristiques des molécules transmises (volatilité, solubilité, rémanence, taille, poids...) et les modes d'émission (diffusion dans le milieu ou marquage d'un support). Peu coûteux en énergie, les signaux chimiques persistent au-delà du moment de l'émission mais sont peu modulables et sont diffusés lentement. Les signaux tactiles sont exclusivement émis à courte distance, ils sont

caractérisés par leur gestualité (vitesse, rythme), le point de contact chez le receveur, le niveau de pression exercé (du frôlement à la stimulation nociceptive) et leur durée.

L'état des connaissances sur les différents modes de communication souligne l'importance des différentes voies sensorielles impliquées dans la relation homme-animal, quelle que soit leur nature. Lorsque l'homme habitue les animaux à sa présence (pour devenir une part peu saillante de leur environnement), dans les relations de symbiotes ou de partenariat social, les interactions peuvent être fréquentes, utilisant des signaux spécifiques ou interspécifiques (Chevallier, 1987 ; Estep et Hetts, 1992). A l'inverse, une fois les animaux habitués à l'homme, ou bien dans les relations de type prédation, les interactions peuvent être réduites au minimum et plutôt rares. Les interactions homme-animal font appel aux différentes voies sensorielles, à savoir visuelle, tactile, olfactive et auditive. Les interactions entre l'homme et l'animal sur la base gustative, restent limitées à la distribution alimentaire, l'homme intervenant par le jeu de ses autres canaux sensoriels comme facteur de conditionnement associé à la distribution d'aliment. Au cours de ces interactions, l'homme peut émettre de manière consciente ou non des informations induisant de subtiles différences pouvant être détectées par l'animal, connues sous le terme « phénomène Hans le Malin ». Ces capacités ont été mises en lumière par le cas d'un cheval capable d'utiliser les variations de postures, de mimiques mais également les réactions auditives de son audience pour ajuster ses réponses à des questionnements de littérature et d'arithmétique (Hediger, 1981). Aussi, mieux caractériser la sensibilité des animaux aux signaux émis par l'homme est un point majeur pour la compréhension des processus impliqués dans la communication et les relations entre les hommes et les animaux (Estep et Hetts, 1992 ; Hauser, 1996b ; Waiblinger *et al.*, 2006).

3. LES BASES SENSORIELLES DE LA RELATION HOMME-ANIMAL

Le comportement des animaux, en réaction aux interactions avec l'homme, alterne ou combine les perceptions sensorielles et les émotions plaisantes et déplaisantes. L'émotion est une réponse affective brève à un évènement qui se matérialise par des changements corporels spécifiques (comportementaux, autonomiques) et subjectifs (expérience émotionnelle ou sentiment (Désiré *et al.*, 2002 ; Waiblinger *et al.*, 2006)). L'observation de ces changements permet de caractériser l'effet de l'interaction entre deux individus et sa valence, et par extrapolation, ces observations permettent d'inférer le type de relation qui peut exister entre l'homme et l'animal (Estep et Hetts, 1992).

La fréquence et la qualité des interactions entre l'homme et l'animal varient selon un gradient décroissant de fréquente (ou répétée) à rare, et un gradient d'intensité de calme, douce à violente (Waiblinger *et al.*, 2006). Parmi les interactions identifiées, on peut citer la présence visuelle stationnaire de l'homme, les déplacements parmi les animaux sans contact tactile (présence visuelle) mais potentiellement en utilisant des échanges vocaux, les contacts tactiles positifs, neutres et aversifs. L'homme peut également être associé à une récompense comme au moment de la distribution alimentaire, ce qui fait appel à des processus cognitifs différents liés à la perception sensorielle, qui seront abordés dans la partie 3 de cette synthèse.

3.1. LES INTERACTIONS VISUELLES

Exposer régulièrement les animaux à la présence d'un expérimentateur immobile devant leur cage ou dans leur enclos permet de réduire les réponses d'évitement chez des poussins, des poules pondeuses, ou des loups (Woolpy et Ginsburg, 1967 ; Jones, 1993 ; Edwards *et al.*, 2013). Cette diminution de la réactivité des animaux grâce à la présence répétée de l'expérimentateur est également possible lorsque celui-ci est en mouvement devant les cages de poules pondeuses (Barnett *et al.*, 1994) ou dans l'enclos de jeunes bœufs (Hemsworth *et al.*, 1996a). Les animaux sont alors libres d'interagir avec l'expérimentateur lorsqu'il pose sa main devant la cage ou lorsqu'il s'immobilise dans l'enclos. Par ailleurs, l'observation par les animaux de la manipulation par un expérimentateur de conspécifiques réduit également leur réponse de peur (poussins (Jones, 1993) ; poulains (Henry *et al.*, 2005)). L'étude chez les porcs des postures adoptées par l'homme a également permis de déterminer qu'une position immobile est moins effrayante lorsque l'expérimentateur est accroupi que lorsqu'il est debout (Hemsworth *et al.*,

1986). Il en va de même lorsque l'expérimentateur est en mouvement et tente d'approcher l'animal (Miura *et al.*, 1996).

Les signaux visuels sont également utilisés lors de la communication référentielle avec l'animal (qui fait référence à des entités ou objets extérieurs à l'émetteur ou au récepteur). Le geste de pointage émis par l'homme a fait l'objet d'une attention particulière (pour revues (Leavens et Hopkins, 1999 ; Hare et Tomasello, 2005 ; Bräuer *et al.*, 2006 ; Miklósi et Soproni, 2006 ; Hare *et al.*, 2010)). Son étude permet d'aborder la capacité des animaux à utiliser ce geste spécifique à l'espèce humaine pour s'engager dans la communication interspécifique (Leavens et Hopkins, 1999). De nombreuses espèces sont capables d'utiliser le geste de pointage du doigt, qu'elles soient sauvages (dauphins (Herman *et al.*, 1999), phoques (Shapiro (2003), cité dans Miklósi et Soproni, 2006) ou domestiques (chevaux (Proops *et al.*, 2010 ; Proops *et al.*, 2013), chèvres (Kaminski *et al.*, 2005), chiens (Udell *et al.*, 2008)). Toutefois, les comparaisons entre espèces restent difficiles car le geste de pointage diffère fortement d'une étude à l'autre, dans la manière d'exécuter le geste (de manière statique, dynamique, momentanée), la distance à la cible (proximale : à moins de 10 cm ou distale : à plus de 50 cm), l'ajout du regard de l'expérimentateur vers la cible ou le sujet (Miklósi et Soproni, 2006). Lorsque l'expérimentateur ne regarde ni la cible, ni le sujet, plusieurs espèces réussissent à suivre le geste de pointage: les dauphins (statique, dynamique et momentané distal (Herman *et al.*, 1999 ; Pack et Herman, 2004)), les gorilles (dynamique proximal, Peignot et Anderson (1999) cité dans Miklósi et Soproni, 2006), les phoques (dynamique et momentané distal, Shapiro (2003) cité dans Miklósi et Soproni, 2006). Les chiens et les chats suivent les gestes de pointage dynamique et momentané, quelle que soit la distance à la cible, lorsque l'expérimentateur les regarde (Miklósi *et al.*, 2006). Enfin, il peut être nécessaire d'ajouter d'autres signaux, les chimpanzés suivent le geste de pointage si le regard de l'expérimentateur est tourné vers la cible mais pas s'il est absent ou dirigé vers le sujet (Povinelli *et al.*, 1997).

Certaines espèces ne suivent pas du tout le geste de pointage émis par l'homme comme les singes capucins et les singes rhésus (dynamique proximal), les loups et les orangs outans (que le pointage soit dynamique proximal ou momentané distal, pour revue Miklósi et Soproni, 2006). Brauer *et al.* (2006) suggèrent que les différences observées entre espèces sont liées aux différences écologiques et évolutives de ces espèces. En effet, les chimpanzés et les bonobos sont, par comparaison aux chiens, meilleurs pour trouver une récompense si l'expérimentateur fait intervenir l'état physique du contenant lorsqu'il émet un signal (s'il fait du bruit en secouant le contenant ou incline le contenant comme si la récompense le soulevait, par exemple). Selon Brauer *et al.* (2006), ces performances pourraient être liées aux stratégies de recherche

alimentaire, qui impliquent de deviner la présence de nourriture d'après la forme du contenant ou de l'extraire d'emplacements cachés. En retour, les chiens sont meilleurs lorsque l'expérimentateur utilise des signaux sociaux (pointage proximal, distal, momentané, tapotement du contenant), ce qui pourrait être lié à la domestication des espèces et la sélection des animaux sur leurs capacités de coopération avec l'homme (cf. 4.2). L'étude du geste de pointage apporte de nombreuses connaissances sur la sensibilité des animaux aux signaux utilisés par l'homme, à la manière d'exécuter ces signaux, ainsi que sur la flexibilité des systèmes de communication des autres espèces animales.

3.2. LES INTERACTIONS TACTILES

Prodiguer des contacts tactiles doux (par rapport à l'absence de contact) diminue la latence d'approche de l'homme par les animaux, augmente le temps passé près de l'homme et les interactions avec celui-ci. Ces résultats ont été observés lors de tests réalisés en présence de l'homme, chez différentes espèces domestiques comme les ovins (tenir l'animal dans les bras (Tallet *et al.*, 2014), le caresser et le tapoter (Markowitz *et al.*, 1998)), les porcins (grattages (Tallet *et al.*, 2014), brossages (Tanida *et al.*, 1994)), les bovins (poser la main sur l'animal, le caresser, et le tapoter (Breuer *et al.*, 2003)), les poussins (tenir et caresser l'animal (Jones, 1993)). Un relâchement général du corps de l'animal, une diminution de l'agitation et de l'activité locomotrice, ainsi que du rythme cardiaque, sont également observés suite à des interventions tactiles de nature positive chez le rat, le chien et le cheval (Lynch *et al.*, 1974 ; Kostarczyk, 1992 ; Uvnäs-Moberg *et al.*, 1996). Les caresses ou le massage par l'homme des régions du corps, que l'on observe dans les contacts sociaux intraspécifiques (« allogrooming »), peuvent s'avérer favorables dans les interactions tactiles notamment chez les vaches laitières (Schmied *et al.*, 2008), les porcs (Tallet *et al.*, 2014) et les chevaux (McBride *et al.*, 2004). Dans le cas de contacts imposés chez des poulains sevrés, le maintien des animaux par une longe a permis de réduire la peur de l'homme (Ligout *et al.*, 2008), contrairement à des poulains sous la mère qui sont maintenus contre elle (Henry *et al.*, 2006). Chez des agneaux sevrés et bloqués au cornadis, les contacts imposés n'ont pas réduit la peur de l'homme (Mateo *et al.*, 1991). La variabilité des méthodes, incluant la période d'application des contacts, la présence de congénères, le stress associé à la méthode de contention pourraient expliquer les différences de réponses observées entre les espèces. La question de la motivation des animaux à interagir avec l'homme sur le plan tactile et de nature positive reste donc encore ouverte.

Les contacts tactiles ne sont pas uniquement de nature positive et par opposition, les interactions tactiles négatives augmentent les distances de fuite des animaux, le temps d'approche et/ou d'interaction avec l'homme, et d'une manière générale la peur de l'homme (Hemsworth et Barnett, 1987). Ces effets ont été étudiés chez les bovins (coups avec la main, un outil, déplacements rapides de l'expérimentateur (Rushen *et al.*, 1999a ; Breuer *et al.*, 2003)), les porcins (pile électrique utilisée seule (Gonyou *et al.*, 1986 ; Pearce *et al.*, 1989) ou pile électrique et coups avec un outil (Hemsworth et Barnett, 1991)). Des difficultés de manipulations ont également été observées chez les truies devenues plus peureuses après l'utilisation par l'homme de mouvements soudains ou de claques (Seabrook et Bartle, 1992). Certains facteurs sociaux comme la présence de congénères ou de la mère, permettent d'atténuer l'effet des traitements aversifs sans pour autant l'éliminer, notamment chez le singe (Harlow et Zimmerman, 1959) ou le porc (Pearce *et al.*, 1989).

3.3. LES INTERACTIONS AUDITIVES

Les interactions visuelles et tactiles ont été largement étudiées tandis que les conséquences des interactions passant par la voie auditive restent encore peu documentées (Hemsworth et Coleman, 2011d). La voix est pourtant considérée comme un des principaux éléments de variation de l'environnement sonore des animaux d'élevage conventionnel (Seabrook et Mount, 1993) ou encore comme un renforcement positif de l'entraînement des animaux de zoo (Kiley-Worthington, 1990). La manière de s'adresser aux animaux a été identifiée comme un signe révélateur du type de relation homme-animal (Seabrook, 1986 ; Seabrook et Bartle, 1992 ; Lensink *et al.*, 2000a) : s'adresser aux animaux de manière interrogative (« comment ça va aujourd'hui ? ») ou leur parler sur un ton amical ont été identifiés comme des facteurs concourants à une bonne relation entre l'homme et les bovins laitiers. Par opposition, s'adresser aux animaux de manière injonctive (« avance ! ») ou crier concourent à une relation négative. Le fait de parler aux animaux est parfois utilisé dans les études pour familiariser les animaux aux expérimentateurs en complément de caresses avec distribution de nourriture (Tanida et Nagano, 1998 ; Lensink *et al.*, 2000b) ou sans distribution de nourriture (Jones, 1993 ; Coulon *et al.*, 2015). Toutefois, seule la façon dont s'exprime l'expérimentateur est décrite en utilisant une terminologie humaine (porcelets : voix douce et calme (Tanida et Nagano, 1998)) ; veaux : voix douce (Lensink *et al.*, 2000b) ; poussins : parler (Jones, 1993)) sans caractériser les propriétés physiques des signaux vocaux transmis, sans les quantifier ni évaluer leurs effets au cours des interactions homme-animal.

Du point de vue inverse, la valence des informations transmises vocalement par l'animal peut être catégorisée par l'homme chez différentes espèces (porc : Tallet *et al.*, 2010 ; Maruscakova *et al.*, 2015, chien : Pongracz *et al.*, 2005 ; Scheumann *et al.*, 2014, chat : Nicastro et Owren, 2003, chimpanzé : Scheumann *et al.*, 2014). L'évaluation des émotions transmises par la voix humaine aiderait à estimer les informations transmises vocalement par l'animal, comme une durée plus longue et une fréquence fondamentale plus élevée qui seraient associées à des stimuli auditifs négatifs (Scheumann *et al.*, 2014). Anatomiquement, ce sont les mêmes structures cérébrales qui s'activent lors de l'analyse du contenu émotionnel intra et interspécifique ; une correspondance entre les sensibilités vocales humaine et animale semble donc exister, passant la barrière des espèces de l'animal vers l'homme (Belin *et al.*, 2008). En ce qui concerne l'utilisation par les animaux des productions vocales humaines, les chiens, les moutons et les chevaux répondent à des ordres vocaux (Wipper, 2000 ; Savalois *et al.*, 2013) et Ivarsdotter (2002) rapporte que jusqu'au XX^{ème} siècle en Scandinavie les troupeaux suivaient le chant de leurs bergères pour rentrer des pâtures. Les éléphants, comme les chiens, sont par ailleurs capables de distinguer le sens des mots produits par l'homme (« droite », « gauche » dans une situation de choix (Plotnik *et al.*, 2013 ; Andics *et al.*, 2016). Quelques études se sont intéressées à la discrimination par les animaux de la valence émotionnelle des signaux auditifs émis par l'homme mais elles restent peu nombreuses. Les chiens répondent aussi vite aux ordres « assis » et « viens » prononcés avec joie ou colère (Mills *et al.*, 2005 ; Fukuzawa et Cooper (2005), cités dans Mills, 2005). Les chats regardent plus leur propriétaire s'exprimant joyeusement que de manière colérique mais pas une personne inconnue, un apprentissage de ces signaux entre le maître et l'animal pourrait donc être nécessaire (Galvan et Vonk, 2015). La reconnaissance des émotions permet au récepteur de déterminer rapidement les intentions probables et les comportements des autres, apportant un avantage évolutif aux espèces qui en sont capables (Juslin et Laukka, 2003). Son application aux interactions entre l'homme et l'animal, reste mal connue.

Néanmoins, des travaux ont été menés sur l'impact des propriétés physiques des émissions vocales humaines sur la réponse des animaux. Certains stimuli sonores peuvent augmenter l'activité motrice des chiens, comme quatre notes sifflées de fréquence montante, courtes et répétées rapidement (McConnell, 1990). A l'inverse, l'effet d'un sifflement prolongé avec des notes descendantes, utilisé par les bergers pour inhiber ces comportements moteurs (McConnell et Baylis, 1985), n'a pas été confirmé au laboratoire (McConnell, 1990). Les chiens sont également sensibles aux modifications de phonèmes dans les ordres vocaux (par exemple pour la commande « assis » : « *sit* » devient « *sat* »), ce qui entraîne une altération de la réponse attendue (Fukuzawa *et al.*, 2005). Les chiens distinguent également l'intonation des mots

utilisent les propriétés physiques de dispersion du son pour retrouver l'emplacement d'une récompense indiquée par la source et la direction de la voix d'une expérimentatrice (Andics *et al.*, 2016 ; Rossano *et al.*, 2014). Chez les animaux de rente, le nombre d'études est encore plus réduit. Ces études ont rapporté une aversion des bœufs vis-à-vis d'enregistrements de cris utilisés par l'homme lors de manipulations, aversion similaire à celle produite par des sons métalliques (Waynert *et al.*, 1999 ; Pajor *et al.*, 2000). La réponse aux sons biotiques (cris humains) et abiotiques (bruits de chaînes) pourrait faire intervenir des processus différents, expérientiel, environnemental, voire neuronal. Par exemple, chez l'homme, les vocalisations (humaines ou animales), les sons biotiques (applaudissements, battements d'ailes) et les sons abiotiques (avalanche, avion, outils) n'impliquent pas les mêmes processus cérébraux (Lewis *et al.*, 2005 ; Engel *et al.*, 2009). La réponse des animaux aux modulations des sons humains reste à explorer.

L'étude des interactions auditives ouvre donc des perspectives intéressantes quant à la sensibilité des animaux aux signaux humains ainsi qu'à leur modulation, et à l'utilisation de ces signaux émis par l'homme dans la construction d'une relation avec celui-ci. Les perspectives s'avèrent multiples, d'autant plus lorsque les signaux auditifs sont combinés avec d'autres voies sensorielles.

3.4. LES COMBINAISONS DE SIGNAUX SENSORIELS

D'après Seabrook et Bartle (1992), les interactions entre hommes et animaux impliquent de complexes combinaisons d'informations sensorielles comme les odeurs, les sons, les gestes, mais restent peu étudiées. Toutefois, certaines combinaisons d'interactions (approche lente, position accroupie puis tapotements et caresses chez le porc (Hemsworth *et al.*, 1996a) ; position assise, appels, caresses chez l'agneau (Mateo *et al.*, 1991) se sont révélées positives, en diminuant le temps d'approche vers l'expérimentateur. Faisant appel à plusieurs sens du receveur, les combinaisons d'informations sensorielles pourraient se trouver plus informatives pour ce dernier. Les porcelets, par exemple, discriminent mieux leurs animaliers d'une personne inconnue lorsqu'ils ont accès à des indices visuels, auditifs et olfactifs plutôt qu'à une partie de ces informations (Tanida et Nagano, 1998).

Toutefois, cette complémentarité des signaux pourrait dépendre de la congruence de l'information transmise, affectant les performances des sujets. La discrimination des émotions chez l'homme est moins performante lorsque les informations auditives et visuelles ne sont pas congruentes (Collignon *et al.*, 2008). De même, dans un test de choix, les chimpanzés ne trouvent

plus la récompense lorsque l'expérimentateur est positionné du côté opposé à la récompense (vers le contenant vide), en regardant ou pointant du doigt vers l'autre contenant (Povinelli *et al.*, 1997). Cependant, l'effet de la congruence des signaux pourrait dépendre de la sensibilité des espèces aux signaux (Heffner, 1998) car les chiens et les phoques ne sont pas affectés par la position de l'expérimentateur dans un test de choix (Soproni *et al.*, 2002 ; Scheumann et Call, 2004, pour revue Miklósi et Soproni, 2006). L'une des modalités peut être préférée à l'autre, par exemple, la modalité visuelle est privilégiée dans la discrimination visuelle et auditive des émotions chez l'homme (Collignon *et al.*, 2008). Chez le chat, l'audition est privilégiée lors qu'un son et une lumière préviennent de l'éminence d'un choc électrique (Jane *et al.*, 1965). Les combinaisons de signaux assureraient tout ou partie de la transmission de l'information, en fonction de la correspondance entre les sens utilisés par l'émetteur et le récepteur (Weaver, 1949 ; Hauser, 1996b). Les combinaisons de signaux constituent une piste d'étude intéressante dans la communication interspèce, qui a été abordée dans ce travail de thèse.

Les combinaisons de signaux sensoriels, comme les signaux sensoriels utilisés seuls vont permettre à l'animal de recevoir des informations émises volontairement ou non par l'homme. La communication qui se met en place au cours des interactions avec l'homme construit et module la perception de l'homme par l'animal. Cette communication sollicitant une à plusieurs voies sensorielles, nécessite une correspondance entre les systèmes sensoriels de l'homme et de l'animal mais également une certaine sensibilité de la part de l'animal aux signaux utilisés par l'homme. La valence des signaux visuels et tactiles a déjà été déterminée pour un certain nombre d'espèces mais toutes les voies sensorielles n'ont pas été explorées. Les correspondances entre les structures des répertoires vocaux des mammifères, ainsi que les points communs entre les espèces quant à leur sensibilité aux caractéristiques des signaux auditifs, laissent entrevoir des pistes de recherche intéressantes sur les effets des interactions auditives entre l'homme et l'animal, utilisées seules ou en combinaison d'autres signaux. Nous avons abordé jusqu'à présent l'effet des interactions sensorielles entre l'homme et l'animal. D'autres pistes sont également envisageables, notamment sur les mécanismes cognitifs qui sont à l'origine de la sensibilité des animaux aux signaux émis par l'homme, auxquels nous allons nous intéresser dans la suite de cette introduction.

4. LES MECANISMES DE COMPREHENSION DES SIGNAUX HUMAINS.

L'évolution des espèces, leur sélection sur des caractères spécifiques mais également leurs capacités d'apprentissage permettent aux animaux d'optimiser leurs capacités à vivre dans leur environnement et à interagir avec l'homme. L'observation des interactions entre l'homme et les animaux a apporté de nombreuses connaissances sur les capacités cognitives des animaux impliqués dans la communication interspécifique (Jones et Boissy, 2011). Cependant de nombreuses questions restent en suspens sur leurs capacités à distinguer les variations des signaux humains, sur les processus de compréhension et d'utilisation de ces signaux. Par ailleurs, tous les signaux humains ne sont pas compris spontanément par les animaux et des phénomènes d'apprentissage peuvent être nécessaires (Hemsworth et Coleman, 2011f).

4.1. L'UTILISATION DES SIGNAUX HUMAINS PAR SIMILITUDE

Certains signaux émis par l'homme pourraient faire écho chez l'animal à un comportement dont l'exécution (impliquant une certaine posture par exemple) ou la fonction impliquent une utilisation similaire au signal émis par l'homme.

4.1.1. LES SIMILITUDES POSTURALES

Des similitudes entre le geste humain de pointage et certains signaux intraspécifiques, de type postures ou signaux directionnels, dont le fonctionnement implique des processus similaires chez différentes espèces animales, expliqueraient la compréhension des signaux émis par l'homme (Miklósi et Soproni, 2006). Par exemple, des prédateurs tels que le loup ou les chiens de chasse de type pointers, marquent l'arrêt dans une position qui indique la direction d'une proie potentielle (Mech (1970) cité par Miklósi (2006)). De même, la position adoptée par les dauphins au cours de l'écholocation dirige l'attention d'autres individus sur la cible visée (Herman *et al.*, 1999). Au même titre que le geste de pointage utilisé par l'homme, les postures ou la position des animaux ont pour effet de projeter l'attention des autres individus sur une cible, expliquant leur capacité à projeter leur attention sur la cible du geste de pointage. Cette capacité à rediriger l'attention de l'individu n'a cependant pas été démontrée chez toutes les espèces animales et pourrait nécessiter un développement cognitif élevé (Miklósi et Soproni, 2006).

4.1.2. LES SIMILITUDES FONCTIONNELLES

L'hypothèse de similitudes de fonction entre les signaux émis par l'homme, tels que les gestes de pointage, et les comportements animaux expliquerait l'utilisation de ces signaux par les animaux (Hare, 2001). Cette utilisation apparaît plus particulièrement chez des espèces se caractérisant par des comportements de coopération intraspécifique développés (Hare, 2001), tels que le soin aux jeunes ou la chasse, observés chez le chien (Miklòsi *et al.*, 2006), le dauphin (Herman *et al.*, 1999) ou le loup (Hare *et al.*, 2010). Pointer du doigt pourrait être assimilé à un signal coopératif de communication, émis au bénéfice du récepteur. La reconnaissance du pointage par l'homme pourrait être minimisée par les relations de compétition entre les individus, des résultats plus contrastés étant observés chez les chimpanzés (*Pan troglodytes*) ou les gorilles (*Gorilla gorilla*) (Hare, 2001 ; Bräuer *et al.*, 2006 ; Miklósi et Soproni, 2006 ; Byrnit, 2009).

Les similitudes comportementales entre les espèces ou les fonctions des signaux de communication utilisés intraspécifiquement avec les signaux émis par l'homme permettent d'expliquer les capacités d'utilisation par les animaux des signaux émis par l'homme, à la fois chez les espèces sauvages et les espèces domestiques. Ces dernières pourraient également avoir bénéficié, au cours de leur domestication par l'homme, de processus propres à leur sélection.

4.2. L'HERITAGE DE LA DOMESTICATION

La domestication des espèces est un procédé par lequel une population animale sauvage est adaptée à l'homme et à un environnement captif par des procédés de sélection génétique, ainsi que des stimulations environnementales et expérientielles au cours de la vie des animaux (Price, 1999). Il résulte de ces processus des changements phénotypiques (morphologiques et physiologiques) et comportementaux plus ou moins maîtrisés selon l'intensité de la sélection génétique employée (Mignon-Grasteau *et al.*, 2005). Selon les caractères de sélection recherchés, des modifications de taille des espèces ainsi que la création de races plus ou moins spécialisées ont été générées. Par exemple, les vestiges des squelettes d'aurochs ont permis d'estimer que leur taille était supérieure à celle des bovins laitiers et allaitants qui en ont dérivé (Ajmone-Marsan *et al.*, 2010). D'un point de vue comportemental, la sélection d'animaux dociles, afin d'accroître la facilité de gestion des animaux, n'a pas fait disparaître fondamentalement les comportements propres à l'espèce, mais les a plutôt orientés, en faisant évoluer les seuils d'expression de ces comportements (1999). Par exemple, des porcs domestiques (*Sus scrofa*

domestica) placés en milieu semi-naturel expriment des comportements de nidification similaires à ceux de leurs homologues sauvages, les sangliers européens (*Sus scrofa* (Stolba et Wood-Gush (1981), cités par (Wood-Gush, 1983b)). Contrairement au loup, le chien domestique aboie fréquemment et dans de nombreux contextes (pour revue Price, 1999). La fonction de l'aboiement pourrait avoir évolué vers la recherche de l'attention de l'homme ou des conspécifiques.

De même, l'hypothèse d'une influence du processus de domestication sur l'utilisation des signaux sensoriels émis par l'homme lors des interactions avec l'animal émerge dans la littérature. En effet, la sélection des capacités à utiliser les signaux humains au cours de la domestication est souvent évoquée chez les canidés, les équidés ou les caprins (Bräuer *et al.*, 2006 ; Miklósi et Soproni, 2006 ; Hare *et al.*, 2010 ; Vitale Shreve et Udell, 2015). Domesticé depuis le Paléolithique, le chien utilise un large éventail de signaux humains aussi bien visuels qu'auditifs (pour revues (Hare et Tomasello, 2005 ; Hare *et al.*, 2010)). Ces capacités auraient été sélectionnées pour leur utilité dans les activités humaines nécessitant la coopération du chien telles que la chasse ou la garde des troupeaux (Hare *et al.*, 2010). Cette hypothèse n'explique cependant pas les capacités d'utilisation des signaux humains observées chez les espèces sélectionnées pour des critères de production plutôt que de coopération telles que le porc (Nawroth *et al.*, 2013b) ou la chèvre (Kaminski *et al.*, 2005).

Une autre hypothèse, concernant la sélection des animaux sur des critères de docilité, émerge de la littérature et s'appliquerait à un plus large éventail d'espèces domestiquées (Miklósi *et al.*, 2003 ; Hare et Tomasello, 2005). Selon cette hypothèse, la réduction de la peur et de l'agressivité envers l'homme auraient engendré une co-sélection des capacités d'utilisation des signaux émis par l'homme. La comparaison de deux lignées de renards issues d'une même population et dont l'une seulement a été sélectionnée pour sa docilité vient appuyer ce raisonnement (Hare *et al.*, 2005). Les renards sélectionnés pour leur docilité ont révélé des capacités d'utilisation des signaux humains similaires à celles des chiens et meilleures que celles des renards non sélectionnés. Ces meilleurs résultats pourraient être expliqués par un accroissement des interactions avec l'homme au cours du développement des animaux. Cependant l'hypothèse de l'accroissement de l'expérience des signaux humains reste contestée puisque de jeunes chiots ou des animaux élevés avec peu de contacts avec l'homme (dans des refuges par exemple) utilisent également ces signaux de communication (pour revues (Hare et Tomasello, 2005) et (Miklósi et Soproni, 2006)). L'utilisation des signaux émis par l'homme, potentiellement co-sélectionnée lors de la domestication des espèces, s'appuierait donc sur des caractères génétiques.

Toutefois, les connaissances actuelles sur l'héritabilité de la docilité ne confirment pas cette hypothèse. En effet, bien que des lignées de cailles japonaises (Jones *et al.*, 1994), de renards argentés (Belyaev, 1979) ou de coqs sauvages (Agnvall *et al.*, 2012) aient été sélectionnées sur le critère de docilité, l'estimation de l'héritabilité génétique de la docilité reste faible à moyenne (bovins : de 0.02 à 0.53 (Boissy *et al.*, 2002), porcins : 0.38 ± 0.19 (Hemsworth *et al.*, 1990), volaille : 0.17 ± 0.09 (Agnvall *et al.*, 2012)). La voie génétique ne peut donc pas être la seule voie de transmission des capacités d'utilisation des signaux humains. De plus, les animaux domestiques présentent toujours des réactions de peur de l'homme, et des différences entre les races, voire entre les individus, sont toujours observables (Le Neindre *et al.*, 1993 ; Boissy *et al.*, 2002). L'identification de nouvelles zones de gènes d'intérêt ou QTL (pour *Quantitative Trait Loci*), comme c'est déjà le cas chez les bovins pour l'étude des réactions à l'homme (Boissy *et al.*, 2002), permet d'envisager une avancée dans la connaissance et un nouveau calcul de cette héritabilité.

Les connaissances actuelles ne permettent pas d'expliquer la capacité des animaux à comprendre les signaux émis par l'homme exclusivement par l'hypothèse génétique. D'autres processus cognitifs, comme l'expérience acquise au cours de l'ontogénie ou l'apprentissage de stimuli particuliers, pourraient entrer également en jeu lors de ces interactions entre l'homme et l'animal, et par voie de conséquence sur l'utilisation des signaux émis par l'homme.

4.3. LES FORMES D'APPRENTISSAGE PERMETTANT L'UTILISATION DES SIGNAUX EMIS PAR L'HOMME

L'apprentissage est généralement défini comme un changement durable qui se produit par acquisition d'expérience (Thorpe (1963) cité par Wood-Gush (1983a)). Un des processus d'apprentissage les plus courants dans l'acquisition des comportements, y compris dans la relation homme-animal, est le conditionnement (Jones, 1993 ; Hemsworth et Coleman, 2011f). Les phénomènes d'apprentissage permettent aux animaux d'optimiser leurs capacités à vivre dans leur environnement et à interagir avec d'autres individus dont l'homme.

4.3.1. LE CONDITIONNEMENT CLASSIQUE OU INCONDITIONNEL

Le processus de conditionnement classique ou pavlovien peut s'appliquer lors des interactions entre l'homme et l'animal (Hemsworth et Coleman, 2011f). Ce type de conditionnement repose sur l'association d'un stimulus neutre (la présence d'une personne, la couleur ou l'odeur d'une cote, par exemple) et d'un stimulus dit inconditionnel qui déclenche un

réflexe de l'organisme (par exemple, un coup reçu qui déclenche une douleur) (Wood-Gush, 1983a). Le stimulus neutre ne déclencherait pas de réponse particulière de l'organisme dans un autre contexte. Le conditionnement est achevé lorsque la présentation du stimulus neutre seul (la présence de la personne ou la cote portée par quelqu'un d'autre) déclenche la réponse de peur chez l'animal car associée à une expérience négative (la douleur dans notre exemple). Le stimulus neutre devient alors un stimulus conditionnel. La relation homme-animal étant un processus dynamique, une fois la peur de l'homme installée, une nouvelle manipulation négative vient renforcer cette réponse de peur, tandis qu'une manipulation positive peut la diminuer. A l'inverse, le conditionnement fonctionne avec des interactions positives comme des caresses ou de la nourriture, entraînant des réactions d'attraction de l'homme (porc : Hemsworth *et al.*, 1996b).

A partir des études sur les vocalisations des primates non humains, Owren et Rendall (1997) ont suggéré que la communication vocale pouvait être utilisée pour influencer le comportement des autres individus et susciter des réponses affectives chez le récepteur vis-à-vis de l'émetteur (modèle du « conditionnement affectif »). Ces réponses affectives peuvent être inconditionnelles (réflexes) et/ou conditionnelles. Les réponses inconditionnelles reposent sur le même principe que le modèle de Morton (1977) : les caractéristiques physiques des vocalisations transmettraient la qualité émotionnelle des émissions sonores qui déclencherait une réponse émotionnelle réflexe de l'organisme. Par exemple, dans une situation agonistique, des vocalisations d'amplitude et de fréquence fondamentale élevée telles que des couinements, des cris perçants et des hurlements seraient utilisées par l'individu agressé afin de susciter une réponse de peur chez l'agresseur permettant de contrer l'agression. Les réponses conditionnelles quant à elles nécessitent l'association d'une vocalisation (associée à une menace par exemple) et d'un comportement particulier de l'émetteur (une attaque, par exemple). Ce comportement peut être dirigé directement vers le récepteur ou vers d'autres individus. Les réponses conditionnelles joueraient un rôle non négligeable dans les relations intraspécifiques et leur efficacité pourrait être liée aux caractéristiques d'identification incluses dans la vocalisation ainsi qu'à l'historique des relations entre les individus. On peut donc se demander si ces processus pourraient passer la barrière des espèces et s'appliquer aux interactions entre l'homme et l'animal. Une autre forme de conditionnement nécessitant une participation active du sujet peut se mettre en place, le conditionnement instrumental.

4.3.2. LE CONDITIONNEMENT INSTRUMENTAL

Le conditionnement instrumental consiste à renforcer une réponse (un comportement) par un stimulus renforçateur (une récompense) si, et seulement si, la réponse a eu lieu (Wood-Gush, 1983a). Dans cette forme de conditionnement l'individu doit apprendre quel comportement déclenche l'arrivée du renforçateur. Ce type d'apprentissage pourrait intervenir dans la communication référentielle entre l'homme et l'animal (communication qui fait référence à une entité autre que l'émetteur ou le récepteur). Lors de tests de choix par exemple, l'émetteur élabore un geste pour diriger l'attention du récepteur vers une cible ou un lieu à atteindre (Malavasi et Huber, 2016). En réponse, le récepteur se dirige vers cette cible ou ce lieu. Les animaux ne comprennent pas obligatoirement l'aspect référentiel du pointage humain pour l'utiliser (Miklósi et Soproni, 2006). Or, il arrive que certains sujets ne parvenant pas à trouver la récompense en début d'expérience obtiennent des taux de réussite au-delà de l'effet du hasard en fin de test (Tornick *et al.*, 2011 ; Nawroth et von Borell, 2015). Un apprentissage par conditionnement instrumental peut se mettre en place au cours de l'expérience. Le geste de pointage est alors le stimulus conditionnel, le comportement de déplacement vers la récompense est la réponse renforcée et la récompense (jouet ou nourriture) est le renforçateur.

Ainsi, les processus cognitifs impliqués dans les interactions entre l'homme et l'animal font intervenir des composantes génétiques, fonctionnelles, conditionnelles, et ontogéniques, qui ne sont pas mutuellement exclusives. Certaines composantes ne peuvent expliquer à elles seules les capacités de compréhension des signaux produits par d'autres espèces (par exemple, la faible héritabilité des caractères de docilité) ou d'autres ne peuvent intervenir qu'à certaines étapes de développement des animaux (les périodes sensibles, par exemple). La sensibilité et l'utilisation des signaux émis par l'homme pourraient donc nécessiter l'intervention de processus cognitifs complémentaires chez l'animal. Ces processus pouvant intervenir dans la perception ou l'utilisation intraspécifique des signaux auditifs, leur rôle reste à déterminer dans les interactions auditives interspécifiques entre l'homme et l'animal. Afin d'apporter des éléments de réponse à ces questions, nous avons choisi de travailler avec le modèle porcin, un animal domestique social et dont la communication vocale possède des points communs avec l'homme.

5. LE MODELE D'ETUDE PORCIN

Les travaux menés sur la relation homme-animal ont fréquemment pris pour modèle les animaux domestiques, notamment les animaux de ferme (pour revues (Waiblinger *et al.*, 2006 ; Hemsworth et Boivin, 2011)). Les études ont porté dans un premier temps sur les conséquences de cette relation sur les performances zootechniques, en terme de productivité, puis au regard du bien-être animal en réponse au questionnement de la société sur ce dossier, incluant la question de la relation homme-animal (Hemsworth *et al.*, 1981b ; Hemsworth *et al.*, 1989 ; Boivin *et al.*, 2003b ; Hemsworth et Boivin, 2011 ; Hemsworth et Coleman, 2011d, cf. Contexte).

5.1. LA SENSIBILITE SENSORIELLE DU PORC

Les porcs possèdent une mauvaise vue, leur acuité visuelle est proche de la myopie (0,001-0,03, Graf (1976) d'après (Zonderland *et al.*, 2008)). Leur vision est bichromatique, les porcs distinguent les nuances de bleu et de gris (Tanida *et al.*, 1991). Leur sens du toucher est peu développé, à l'exception du groin, très innervé et utilisé dans la recherche de nourriture (Zonderland *et al.*, 2008). Par contre, leur audition est développée (de 42 Hz à 40.5 kHz (Heffner et Heffner, 1990), Figure 7) et les porcs possèdent la capacité de localiser spatialement les sons (Heffner et Heffner, 1989).

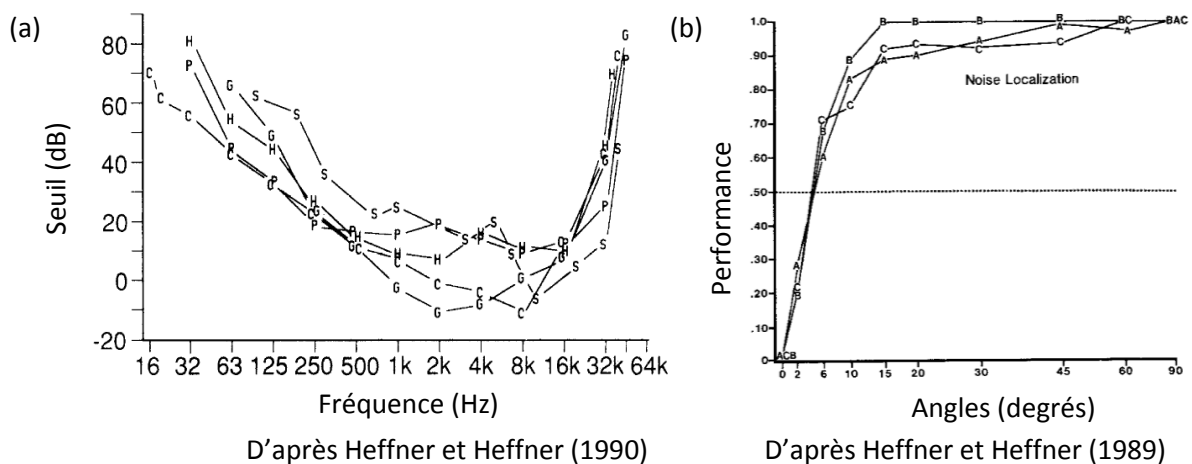


Figure 7 : Capacités auditives des porcs : (a) audiogrammes de cinq espèces d'ongulés ; (b) performances de localisation des sons de trois porcs.

(a) C : bovins, G : caprins, H : équins, P : porcins, S : ovins. (b) La performance est calculée sur plusieurs essais, un score de 0 indique une détection au hasard, un score de 1.0 une détection parfaite du son. Le seuil de l'effet du hasard est atteint pour un angle de 4.5° entre deux sources sonores. A, B et C indiquent les trois individus.

L'espèce porcine possède un large répertoire vocal variant en intensité, rythme et fréquence (Briefer, 2012 ; Tallet *et al.*, 2013). Tallet *et al.* (2013) suggèrent que la fréquence des vocalisations dépendrait de la valence de la situation d'émission en suivant une courbe en U ; les

situations les plus positives et négatives générant l'émission de vocalisations de fréquences plus hautes que les situations neutres. Il a été montré expérimentalement que des types de vocalisations opposées pouvaient être associés à des situations de valence opposées. Ainsi, les porcs poussent des cris plus longs et/ou très aigus (>1 kHz) dans des situations à valence négative, telles qu'un état physiologique de faim ou un isolement social (Weary et Fraser (1996) cité dans Marchant *et al.*, 2001), une douleur (Weary *et al.*, 1998) ou lors d'agressions sociales (Jensen et Algers, 1984 ; Tallet *et al.*, 2013). En revanche, des vocalisations courtes et répétées et/ou graves sont émises lors de situations à valence positive comme lors d'une reconnaissance sociale entre des individus familiers (Kiley, 1972), à l'arrivée d'un expérimentateur connu (Marchant *et al.*, 2001) ou durant la période de pré-éjection du lait (Fraser, 1980 ; Algers, 1993). Les vocalisations de type « aboiements » (son tonal grave) semblent également associées à des événements à valence positive comme, par exemple, le fait de se trouver dans un espace contenant des substrats manipulables et des récompenses alimentaires (Reimert *et al.*, 2013). Ces vocalisations n'ont pas été enregistrées dans des situations relatives à des événements aversifs (isolement social et événements aversifs imprévisibles, espace plus restreint).

Par ailleurs, des tests de préférences permettent de déterminer la sensibilité des porcs à des signaux de valence proche. De tels tests réalisés vis-à-vis de stimuli environnementaux ou gustatifs ont montré que les porcs sont consistants dans leur choix : la réponse d'évitement des animaux croît avec l'aversion pour un stimulus. Soumis à des vibrations dans un environnement de test, les animaux utilisent de manière croissante le dispositif permettant d'arrêter les vibrations à mesure que la vitesse de vibration augmente (Stephens *et al.*, 1985). A l'inverse, la motivation des animaux pour obtenir un aliment appétant croît avec sa valeur hédonique (Meunier-Salaün et Picard, 1996). Cette constance dans les choix des porcs n'a pas été observée vis-à-vis des signaux humains, cette question reste donc ouverte.

5.2. LE DEVELOPPEMENT DES RELATIONS CHEZ LE PORC

Le porc est un animal vivant en groupe de plusieurs femelles qui regroupent leurs portées dès dix jours après la mise-bas (Graves, 1984 ; Jensen, 2002). Les liens sociaux se nouent alors entre les portées, qui persistent à l'âge adulte la plupart du temps. La structure sociale dans les groupes de femelles et des jeunes en croissance est de type dominance-subordination. Il est rapporté aussi une aptitude chez les porcs à développer des relations avec l'homme, dans des environnements de type élevage ou dans la sphère privée des humains (Graves, 1984 ; Hemsworth, 2008). Par exemple, des porcelets élevés au biberon par l'homme et relâchés dans

la nature retournent de manière régulière auprès de l'homme (Graves, 1984). Le principe de l'élevage implique une forte dépendance à l'homme, impliquant des interactions avec l'homme, qui contribuent au développement de relations entre l'homme et le porc (Hemsworth et Coleman, 2011c). Domestiqué depuis environ 9 000 ans, les capacités sociales et cognitives du porc ont favorisé son adaptation à l'environnement humain (Diamond (1999), cité par Giuffra *et al.*, 2000 ; Mignon-Grasteau *et al.*, 2005).

Les relations intraspécifiques chez les porcs s'expriment principalement à partir d'échanges de signaux auditifs et olfactifs, et dans une moindre mesure par des échanges de signaux visuels et tactiles (Signoret *et al.*, 1975). Dans les interactions avec l'homme, Koba et Tanida (1999) décrivent néanmoins une forte implication de la voie visuelle, les porcs montrant des capacités de discrimination entre un animalier familier et une personne non connue, sur la base d'indices humains visuels et auditifs. Les porcs sont également sensibles aux postures adoptées par les humains, en s'approchant plus d'une personne immobile ou accroupie comparativement à une personne debout approchant et tentant de les toucher ou utilisant des mouvements brusques (Hemsworth *et al.*, 1986 ; Miura *et al.*, 1996 ; Brajon *et al.*, 2015). Le sens du toucher intervient également, des contacts réguliers et positifs appliqués par l'humain, comme les caresses et les grattages, réduisent la peur du porc vis-à-vis de l'homme contrairement à des contacts réguliers de nature négative (coups, chocs électriques) (Hemsworth et Barnett, 1987 ; Tallet *et al.*, 2014). Toutefois, Brajon *et al.* (2015) ont montré que la présence humaine dans l'enclos de vie des animaux était aussi attractive que les contacts tactiles doux, les caresses ne rendent donc pas l'homme plus attractif dans l'enclos de vie des animaux. En revanche, l'effet des caresses et celui de la présence humaine n'ont pas été comparés dans un environnement nouveau, source de stress. Par ailleurs, la valence attribuée aux différents contacts tactiles caresses, grattages, tapotements n'a pas été comparée (Tallet *et al.*, 2014).

Bien que l'olfaction soit une voie sensorielle privilégiée dans l'espèce porcine, exploitée chez les cochons truffiers par exemple (Signoret *et al.*, 1975), peu d'études se sont penchées sur son implication dans les interactions avec l'homme. Les porcs semblent pourtant utiliser ce sens en s'approchant moins d'un expérimentateur qui porte des gants que d'une personne ayant les mains nues (Hemsworth *et al.*, 1986), sans néanmoins intervenir dans un test de discrimination entre une personne familière et non familière (Koba et Tanida, 1999).

Les productions vocales humaines entrent dans le spectre auditif (de 80 Hz à 1,4 kHz (Titze, 2000) du porc, pourtant l'implication de l'audition dans les interactions vocales entre l'homme et le porc reste peu étudiée. La capacité des porcs à répondre à leur nom ou aux

variations de la voix humaine a été rapportée lors d'enquêtes ou d'observations de terrain (Broadfoot, 1970 ; Seabrook et Bartle, 1992 ; Collin *et al.*, 2016). Par exemple, Broadfoot (1970) indique qu'une « bonne manière d'établir le contact avec les animaux », consiste à leur parler d'une manière « douce et amicale ». Elle décrit également la possibilité d'empêcher un porc de voler l'aliment d'un autre en prononçant son nom sur un « ton tranchant ». L'effet de ces signaux vocaux sur le développement de la relation homme-animal n'a pas été étudié et leur utilisation seule ou combinée avec d'autres signaux, comme la présence de l'homme, reste donc empirique.

5.3. LES CAPACITES DE COMPREHENSION DES SIGNAUX HUMAINS CHEZ LE PORC

Les signaux vocaux émis par l'homme au cours du développement ou du maintien de la relation homme-animal sont rarement décrits selon leurs caractéristiques acoustiques (cf. 3.3) et l'effet de leurs paramètres a peu été étudié au laboratoire. Une étude rapporte que les porcs approchent de manière similaire un expérimentateur diffusant un enregistrement vocal décrit soit comme « doux et calme » soit comme « dur et fort » (Hemsworth *et al.*, 1986). Malgré un univers sensoriel partagé avec l'homme, la voix humaine présentant de nombreuses variations physiques et prosodiques (cf. 2.3), les effets des variations de la voix humaine, tant physiques que par les émotions transmises dans les échanges entre l'homme et l'animal ont peu été étudiés chez le porc.

Dans le cas de la communication référentielle, les signaux visuels émis par l'homme, tels que le pointage du doigt vers une récompense, les travaux ne permettent pas de conclure sur l'aptitude à comprendre ce geste dans l'espèce porcine (Albiach-Serrano *et al.*, 2012 ; Nawroth *et al.*, 2013b). En effet, dans l'étude comparative d'Albiach-Serrano *et al.* (2012) sur la capacité de porcs domestiques et de sangliers à prendre en compte ce geste dans un test de choix pour trouver une récompense, seuls les sangliers ont réussi à utiliser le geste de pointage. Les auteurs suggèrent un effet des signaux auxquels les animaux auraient été exposés pendant leur ontogénie pour expliquer leurs performances. En effet, le geste a pu être associé à la distribution d'une récompense, les visiteurs du zoo (où ont été testés les sangliers) ayant lancé du pain dans l'enclos des animaux, au préalable de l'expérience. Cependant, Nawroth *et al.* (2013b) montrent que des porcs domestiques réussissent à trouver la récompense lors de plusieurs tests de choix, avec différentes manières d'exécuter le geste de pointage lorsque les bols sont proches (1.40 m) ou éloignés l'un de l'autre (2.80 m) : de manière statique ou dynamique en étant à proximité (doigt à 30 cm) ou éloigné du bol (doigt à 80 cm) en regardant ou sans regarder vers le bol, en se

plaçant derrière le bol récompensé. 5/13 et 3/13 animaux ont également réussi à trouver la récompense lorsque l'expérimentateur orientait son corps vers le bol (sans utiliser le doigt) et tournait seulement la tête vers le bol, respectivement. Ces deux signaux ont été présentés en fin d'étude, ce qui n'exclue pas d'une part une démotivation de certains animaux pour la tâche à effectuer et d'autre part une meilleure compréhension de la tâche et de la manière dont l'expérimentateur exécute les signaux, par acquisition d'expérience. En début d'étude, les performances des animaux étaient moins bonnes lorsque l'expérimentateur se tenait debout (doigt à 80 cm du bol), que le geste soit momentané ou soutenu, suggérant une influence de la posture de l'expérimentateur dans l'exécution du signal. Les performances des animaux sont restées stables entre les différents passages d'un même test et d'un test à l'autre, suggérant l'absence d'effet de conditionnement. Néanmoins, les similitudes entre la procédure utilisée pendant les sessions d'entraînement des animaux et le geste de pointage (fixe ou dynamique) pendant les tests n'écartent pas un effet de conditionnement acquis au cours des sessions d'entraînement. En effet, la procédure consistait à placer une grappe de raisin (la récompense) au-dessus d'un des deux bols, puis à la faire passer au-dessus de l'autre bol et à lâcher la récompense. Par ailleurs, les porcelets soumis aux tests étaient sélectionnés lorsque le nombre de première visite directement vers le bol où la récompense se situait dépassait l'effet du hasard. Les animaux ont donc pu associer le dynamisme du mouvement et/ou la tension du bras appliqué lors de la procédure d'entraînement aux gestes de pointage utilisés ultérieurement. La réponse au geste de pointage chez les porcs nécessite donc des investigations supplémentaires. Par ailleurs, les vocalisations de contact sont utilisées par les porcs, pour signaler leur position dans un environnement où ils ne se voient pas (grognements longs des truies au moment du sevrage (Pajor *et al.*, 1999) ou lorsque les animaux sont isolés (Marchant *et al.*, 2001)). Les porcs sont donc capables d'utiliser les vocalisations de manière référentielle, or, l'utilisation de signaux référentiels autres que les signaux visuels de manière interspécifique n'a pas été étudiée dans une situation de choix.

Le porc choisi comme modèle d'étude dans cette thèse, partage une longue histoire de domestication avec l'homme, avec qui il noue des relations dans son environnement de vie. Les données de la littérature montrent que c'est un animal sensible aux interactions humaines, qui utilise de nombreux signaux auditifs, visuels, olfactifs et/ou tactiles émis par l'homme. Sur l'ensemble des voies sensorielles, sa sensibilité aux signaux auditifs humains au cours des interactions avec l'homme reste encore peu connue, ce qui fait l'objet du travail de la thèse.

En conclusion, la relation homme-animal est un modèle des relations interindividuelles entre deux espèces. Elle se construit à partir des interactions entre les individus et selon la qualité de ces interactions, différents types de relations se mettent en place. Ces relations reposent sur l'existence d'une communication interspécifique au moment des interactions entre l'homme et l'animal. Cette communication passe par l'échange de signaux sensoriels de communication, par conséquent une correspondance entre les sensibilités de l'homme et de l'animal est nécessaire, *a minima* partielle, pour assurer le transfert d'informations entre les deux partenaires de la relation. La communication peut donc être visuelle, tactile, olfactive ou auditive, selon les sens privilégiés par les espèces. La communication acoustique présente une large gamme de modulations potentielles et est utilisée par de nombreuses espèces, dont l'homme. Elle s'avère donc une piste de recherche intéressante dans la mise en place de la relation mais également pour être utilisée au cours des interactions entre l'homme et l'animal.

De nombreuses hypothèses ont été émises quant à l'implication des mécanismes cognitifs dans l'utilisation par les animaux des signaux émis par l'homme. Ces signaux pourraient faire écho à des signaux présents dans le répertoire des espèces, les capacités de compréhension des animaux pourraient avoir été sélectionnées, probablement involontairement, en même temps que d'autres critères (de coopération, de production, de docilité...) lors de la sélection des espèces pour la domestication. Les signaux émis par l'homme pourraient également impliquer des capacités d'apprentissage de la part des animaux. Ces mécanismes ne sont pas mutuellement exclusifs, plusieurs d'entre eux peuvent être impliqués dans la compréhension des signaux émis par l'homme.

**OBJECTIFS DE LA THESE
ET HYPOTHESES DE TRAVAIL**

La thèse présente trois objectifs de travail, déclinés en trois expérimentations.

- Le premier objectif vise à explorer la **sensibilité des porcs à la voix humaine** ainsi qu'à ses **variations**.

Les animaux adopteraient des réponses comportementales différentes, traduisant un intérêt, voire de l'attraction ou un évitement, voire de la répulsion, selon les modulations de la voix humaine. Ces modulations peuvent être transmises par leurs caractéristiques physiques de fréquence, de rythme, par le ton employé (interrogatif *versus* injonctif) ou leur contenu émotionnel. Les hypothèses sont :

- Les caractéristiques des signaux vocaux humains de type voix aigüe, rapide, joyeuse, interrogative attirent plus les porcelets, ce qui leur confère une valence positive.
- Par opposition, les émissions vocales de type voix grave, lente, colérique, injonctive génèrent chez les porcs des réponses d'évitement, voire de fuite, qui reflètent plutôt une valence négative.
- Nous émettons l'hypothèse que les combinaisons de signaux de même valence entraînent une réponse de même nature que chacun des signaux séparés (congruence) et d'intensité supérieure.
- Les réponses à des combinaisons de valences opposées sont neutres car biologiquement non pertinentes pour les animaux ou bien dépendent de la valence attribuée à l'un des signaux séparés si les animaux ne s'appuient que sur une des deux valences présentes.

Ce premier objectif a donné lieu à l'étude de la sensibilité des porcelets aux caractéristiques de la voix humaine et à ses variations, présentée au Chapitre I.

- Le second objectif de la thèse tend à évaluer l'**importance de cette sensibilité** aux signaux vocaux émis par l'homme dans **l'établissement d'une relation entre l'homme et l'animal**.

Au-delà d'une réduction de la peur générée par l'homme par le fait d'exposer les animaux de façon répétée à la présence de l'homme, nous nous posons la question de l'impact d'un ajout de signaux auditifs humains auxquels les animaux seraient sensibles, sur le développement d'une relation d'affinité pour l'homme. Les hypothèses sont :

- Les animaux exposés à la présence de l'homme présentent une diminution de leur réaction de peur en sa présence, par rapport à des animaux contrôles, ainsi que des comportements représentatifs d'une relation neutre.

- L'exposition des animaux à la présence de l'homme, en utilisant un signal vocal émis par l'homme, favorise des réponses d'affinité pour l'homme et l'expression d'une relation positive.

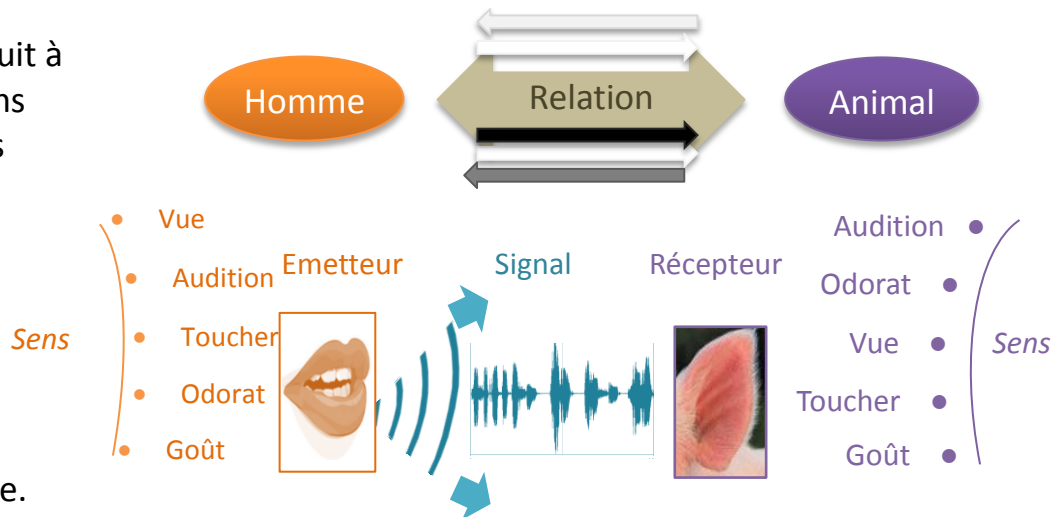
Ce second objectif a donné lieu à l'étude sur l'utilisation de la voix humaine dans le développement de la relation homme-animal, présentée au Chapitre II.

- Le troisième objectif vise à étudier **l'utilisation de signaux référentiels vocaux et visuels humains**, seuls ou en combinaison, dans la **communication interspécifique** avec le porc. Les hypothèses sont :
 - Les animaux utilisent spontanément les signaux de type vocal (voix orientée vers la cible) ou visuel (geste de pointage), seuls ou en combinaison pour retrouver une récompense alimentaire lors d'un test de choix.
 - Une exposition préalable à des signaux auditifs et visuels, seuls ou combinés, aide les animaux dans leur utilisation ultérieure de combinaisons de signaux auditifs et visuels.
 - Les combinaisons de signaux apportent de meilleurs résultats que les signaux émis seuls.
 - Les animaux qui ne comprennent pas spontanément les signaux émis par l'expérimentatrice apprennent à les associer à la récompense au cours des tests.
 - Les animaux bénéficient également de l'expérience acquise au cours des tests successifs, améliorant leurs taux de réussite d'un test à l'autre.

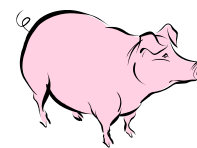
Ce troisième objectif a donné lieu à l'étude sur l'utilisation des signaux auditifs et visuels dans la communication référentielle avec les porcelets, présentée au Chapitre III. Un schéma récapitulatif des principaux éléments bibliographiques, des questions et hypothèses scientifiques est présenté à la Figure 8.

La relation se construit à partir des interactions entre les partenaires

Les informations sensorielles sont transmises par les interactions : les systèmes sensoriels des partenaires doivent correspondre.



Le porc est un animal capable de nouer des relations avec l'homme, dont le système auditif et le répertoire vocal sont développés et présentent des similitudes avec celui de l'homme



Questions de recherche et hypothèses

1. L'animal est-il sensible à certaines caractéristiques du signal vocal ?

- Sensibilité : Voix neutre > bruit de fond
- Hauteur : aigüe > grave
- Tempo : rapide > lent
- Combinaisons : Aigüe et rapide > Grave et lente
Aigüe et lente vs Grave et rapide ?
- Prosodie : questions > injonctions
- Emotions transmises : joie > colère



2. L'attractivité du signal vocal peut-elle être utilisée dans la mise en place de la relation homme-animal ?

Relation neutre

↳ de la peur de l'homme :
dans le logement
dans le parc de test



Relation positive

↳ de la peur de l'homme
dans le logement
dans le parc de test
↳ + rapide



↳ + rapide

Pas d'attraction dans le parc de test

Attraction dans le parc de test

3. Les propriétés référentielles de la voix peuvent-elles être utilisées par l'animal ?

- Seules : voix, pointage
- En combinaison
- Seules > en combinaison

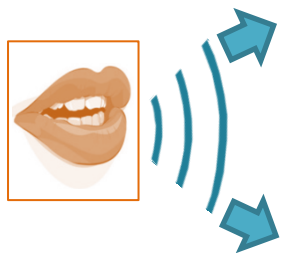
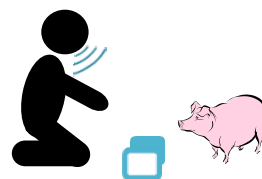


Figure 8 : Schéma récapitulatif du contexte scientifique et des hypothèses de travail

METHODOLOGIE GENERALE

1. LES ANIMAUX EXPERIMENTAUX

1.1. L'ORIGINE ET LE MODE D'ELEVAGE

Les porcelets étaient issus de l'élevage expérimental INRA de l'unité 1348 PEGASE, à Saint-Gilles. Les porcelets sont nés de truies croisées Large White x Landrace inséminées avec une semence de verrat Piétrain. L'élevage de St-Gilles fonctionne selon un mode de conduite en sept bandes, chaque bande étant constituée de 18 truies. Les mises-bas ont lieu toutes les trois semaines, les porcelets restent sous la mère quatre semaines (Figure 9).

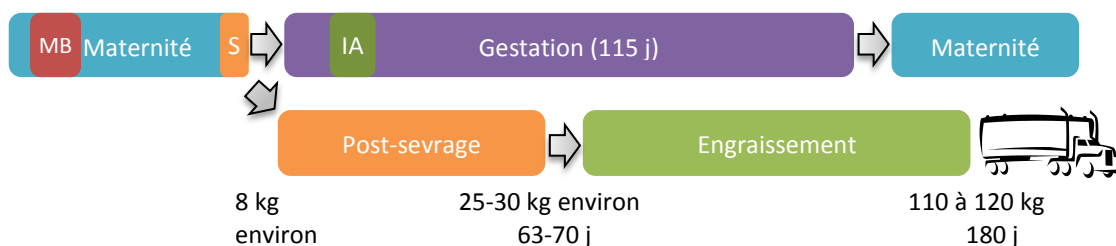


Figure 9 : Schéma du cycle d'une conduite en bande dans l'élevage porcin de l'unité INRA de St-Gilles.
Le parcours de la truie est représenté par la ligne du haut et celui des porcelets par la ligne du bas. Les flèches grises indiquent les transferts de bâtiment. MB : mise-bas, S : sevrage, IA : insémination animale.

Les animaux expérimentaux ont été tatoués au cours de leur première semaine de vie et ont subi l'ablation de leur queue. Les animaux ont été sevrés à 28 (\pm 2) jours, élevés sur caillebotis métallique ou plastique en groupe de trois porcelets (Chapitre I et Chapitre II) ou cinq porcelets (Chapitre III). Au sevrage, les porcelets ont été placés dans des loges de 1.6 m² (1.2 x 1.3 m), chacune équipée d'un abreuvoir, d'un nourrisseur pour aliment solide et d'un matériau d'enrichissement, une chaîne. Lors du transfert dans le bâtiment de post-sevrage, les animaux ont été bagués à l'oreille pour faciliter leur identification par rapport au traitement appliqué. L'animalier référent du bâtiment d'élevage de post sevrage s'est occupé des soins courants liés au maintien en élevage (vaccination, alimentation, médication).

1.2. LES CHOIX DES ANIMAUX EXPERIMENTAUX

Le modèle d'étude est le porcelet sevré de sexe femelle. La période d'étude se situe juste après le sevrage afin de limiter la variabilité des sujets dans leur expérience avec l'homme, en particulier celle acquise pendant la phase de maternité. L'impact potentiel de la réaction de la truie aux interventions humaines sur elle-même ou sa portée peut influencer la propre réponse des jeunes à la présence de l'homme (Boivin *et al.*, 2003a; Henry *et al.*, 2005), c'est pourquoi la phase de maternité a été écartée. Par ailleurs, la phase de post-sevrage est une période de

réorganisation importante tant du point de vue émotionnelle que sociale ou environnementale, ce qui rend les animaux plus sensibles à des événements tels que les manipulations humaines. Il a été montré, par exemple, que des interactions tactiles avec les animaux au cours de cette période améliorent la relation homme-animal, notamment chez les poulains (Lansade *et al.*, 2004), les chèvres (Boivin et Braastad, 1996) ou les agneaux (Boivin *et al.*, 2000). Les animaux pourraient présenter une plus grande sensibilité aux signaux humains et à l'établissement d'une relation avec l'homme.

Le choix des femelles visait à écarter les mâles qui subissent la castration dans les premiers jours de vie, ce qui est une expérience aversive susceptible de modifier leur perception de l'homme. Les animaux ont été pesés la semaine du sevrage puis choisis de manière à respecter la moyenne de poids de l'ensemble des animaux disponibles (Tableau 2). Les porcelets d'une même loge ont également été choisis au sein de leur portée de manière à conserver une stabilité sociale au moment du sevrage. Trois à six porcelets par truie ont donc été inclus dans nos protocoles et répartis de manière équilibrée entre les lots. Les portées n'ont pas été mélangées lors de la mise en loge des animaux pour les deux premières études (Chapitre I et Chapitre II). Les effectifs de chaque étude, ainsi que le poids moyen de sevrage des animaux sont résumés dans le Tableau 2.

Tableau 2: Effectifs détaillés des animaux par étude et leurs poids de sevrage

Chapitre et étude	Lot	Nombre d'animaux	Poids de sevrage (kg)	Ecart-type (kg)
	Total	42	9,2	1,1
I - Sensibilité aux signaux vocaux émis par l'homme	essai 1	14	9,5	1,2
	essai 2	14	9,1	1,0
	essai 3	14	9,1	0,9
	Total	84	8,6	1,2
II - Utilisation des signaux dans le développement de la relation homme-animal	lot voix	28	8,4	0,9
	lot bruit de fond	28	8,7	1,2
	lot contrôle	28	8,7	1,5
III - Utilisation des signaux dans la communication référentielle avec l'homme	Total	30	8,3	1,9

2. LES STIMULI VOCAUX

2.1. LES ENREGISTREMENTS DE LA VOIX HUMAINE

Des enregistrements ont été réalisés pour les stimuli vocaux utilisés dans la thèse, afin d'assurer leur standardisation lors des tests successifs. Les animaliers de l'élevage expérimental étant exclusivement de sexe masculin, nous avons choisi d'étudier l'effet de la voix féminine sur les animaux afin d'éviter tout impact préalable des voix masculines sur les animaux. Nous avons enregistré les voix de 28 femmes dont 17 personnes du laboratoire et 11 actrices de théâtre amateur. Les personnes étaient sollicitées pour deux types d'enregistrement, qui faisaient varier le texte et la manière de le prononcer. Les enregistrements ont ensuite été soumis à évaluation.

- Enregistrement 1 : texte neutre et texte à valence émotionnelle (Chapitre I et Chapitre II)

La phrase « De ce côté, cochon. Allez. Par ici. Viens là. » a été enregistrée neuf fois, sur un ton neutre, joyeux et colérique (trois fois pour chaque ton). Nous avons par la suite gardé les deuxième et troisième enregistrements afin de les faire évaluer par deux groupes de 12 et 13 volontaires féminines parmi des personnes du laboratoire qui n'avaient pas participé aux enregistrements précédents. Chaque groupe a évalué la moitié des enregistrements, en répartissant de manière équilibrée les voix connues des personnes du laboratoire et les voix inconnues des actrices. Chaque enregistrement a été diffusé deux fois de suite et nous avons demandé aux personnes de cocher le qualificatif qu'elles jugeaient le plus approprié à la production sonore parmi les catégories suivantes : surprise, colère, joie, peur, neutre, ou bien la catégorie « ne sait pas ». De cette évaluation, 21 voix enregistrées ont été retenues : sept dont seulement les enregistrements neutres ont été évalués comme tel et 14 voix dont les enregistrements joyeux, colérique et neutre ont été évalués dans leur catégorie respective. Pour l'étude de la sensibilité aux voix humaines des porcelets (Chapitre I), nous avons attribué une voix à chaque animal. L'étude comportant trois essais indépendants, la même voix pouvait être attribuée à plusieurs animaux (jusqu'à trois). Ces derniers n'entendaient que les enregistrements correspondant à cette voix pendant tous les tests de l'étude.

Le logiciel ANA (Richard, 1991) du laboratoire Ethos (Rennes) nous a permis de déterminer la fréquence fondamentale (F0) moyenne des enregistrements neutres en mesurant la fréquence fondamentale (F0) de six voyelles contenues dans l'enregistrement (voyelles en gras et soulignées : « **De** ce côté, **co**chon. **Al**lez. Par **ici**. Viens **là**. », Tableau 3). Nous avons

également mesuré la durée des enregistrements et leur fréquence de résonance d'intensité maximale (F_{\max}).

Tableau 3 : Caractéristiques des enregistrements originaux de voix féminines énonçant le texte « De ce côté, cochon. Allez. Par ici. Viens là » sur un ton neutre.

Essai : les voix ont été réparties entre les trois essais de l'étude, une voix pouvant servir dans plusieurs essais, F_0 moyenne : fréquence fondamentale moyenne, calculée à partir de six voyelles ; F_{\max} : fréquence de résonance d'intensité maximale, mesurée sur la phrase entière.

Voix	Essai	F_0 moyenne (Hz)	Durée totale (ms)	F_{\max}	Débit (syllables/ s)
1	1/2	233	3913	259	3,3
2	3	244	4050	433	3,2
3	1/2	284	3186	302	4,1
4	1/2	201	3854	172	3,4
5	1/2/3	244	3158	259	4,1
6	1/2	208	3140	216	4,1
7	3	220	2819	258,2	4,6
8	1/2	190	2630	129	4,9
9	3	203	2747	220	4,7
10	1/2	244	2952	259	4,4
11	1/2/3	240	2313	216	5,6
12	1/2/3	169	3851	129	3,4
13	1/2/3	223	2583	259	5,0
14	3	270	3413	389	3,8
15	1/2	248	5056	260	2,6
16	1/2/3	179	4748	129	2,7
17	3	209	3853	456	3,4
18	3	222	4312	490	3,0
19	1/2	230	2286	258	5,7
20	1/2/3	233	4180	259	3,1
21	3	190	2437	284	5,3
Moyennes \pm écart-type	1/2 3	224 \pm 40 222 \pm 35	3342 \pm 861 3420 \pm 769	222 \pm 55 290 \pm 112	4,0 \pm 1,0 4,3 \pm 0,9

- Enregistrement 2 : texte énoncé sous forme d'injonctions ou de questions (Chapitre I)

Nous avons demandé aux volontaires qui ont participé à l'enregistrement n°1 de prononcer une liste d'injonctions et de questions, choisies à partir des productions vocales qui peuvent être rencontrées en élevage (Tableau 4). Nous avons, à chaque fois, enregistré deux fois chaque production vocale sur les deux tons :

Tableau 4 : Expressions interrogatives et injonctives utilisées pour les enregistrements sonores n°2

Forme injonctive	Forme interrogative
Allez !	Veux-tu y aller ?
Arrête !	Est-ce qu'il arrête ?
Assis !	Reste-t-il assis ?
Avance !	Est-ce qu'il avance ?
Bouge !	Est-ce qu'il bouge ?
Coucher !	Peut-il rester couché ?
Debout !	Se met-il debout ?
Du calme !	Lui faut-il du calme ?
Là-bas !	Sont-ils là-bas ?
Marche !	Est-ce qu'il marche ?
Non !	Va-t-il dire non ?
Par-là !	Est-ce par-là ?
Recule !	Est-ce qu'il recule ?
Silence !	Lui faut-il du silence ?
Stop !	Va-t-il dire stop ?
Va-t'en !	Est-ce que tu t'en vas ?
Viens ici !	Est-ce qu'il vient ici ?

L'enregistrement n°2 des 21 voix retenues a été évalué par deux expérimentatrices séparément, qui ont écouté deux fois chaque production vocale, puis jugé de la correspondance entre la production vocale et le ton recherché. Les évaluations des deux expérimentatrices ont été confrontées, pour conserver uniquement les productions vocales évaluées de manière convergente. L'enregistrement n°2 a ensuite été découpé et assemblé grâce au logiciel Audacity (2.0.6, www.audacityteam.org) afin de créer des enregistrements de cinq syllabes, équilibrant les voyelles et les consonnes. Nous avons cherché à soumettre les animaux à une certaine variabilité au sein de l'essai vis-à-vis de ces enregistrements afin que la réponse observée ne soit pas spécifique des termes choisis. A chaque animal a été ensuite attribué le même assemblage (nouvellement créé) prononcé sur les deux tons (injonctif et interrogatif) afin de mesurer la sensibilité des animaux au ton employé par l'homme.

Tableau 5 : Injonctions et questions utilisées lors du Chapitre I.

Chaque animal a été soumis au même assemblage sous forme interrogative et injonctive (deux extraits sonores).

animal	Forme injonctive	Forme interrogative
1	Allez ! Viens ici !	Allez ? Viens ici ?
2	Arrête ! Coucher !	Arrête ? Coucher ?
3	Arrête ! Debout !	Arrête ? Debout ?
4	Assis ! Stop ! Par-là !	Assis ? Stop ? Par-là ?
5	Avance ! Bouge !	Avance ? Bouge ?
6	Avance ! Marche	Avance ? Marche
7	Bouge ! Silence !	Bouge ? Silence ?
8	Coucher ! Du calme !	Coucher ? Du calme ?
9	Du calme ! Va-t'en !	Du calme ? Va-t'en ?
10	Là-bas ! Recule !	Là-bas ? Recule ?
11	Marche ! Silence !	Marche ? Silence ?
12	Reculer ! Assis !	Reculer ? Assis ?
13	Stop ! Debout ! Là-bas !	Stop ? Debout ? Là-bas ?
14	Va-t'en ! Non ! Par-là !	Va-t'en ? Non ? Par-là ?

- Enregistrement 3 : texte encourageant (Chapitre III)

La phrase « De ce côté, cochon. Allez. Par ici. Viens là. » a été enregistrée trois fois, prononcée sur un ton encourageant par une personne volontaire du laboratoire. Les enregistrements 2 et 3 ont été évalués de la même manière que l'enregistrement n°2. Cet enregistrement a été utilisé lors de l'étude sur l'utilisation des signaux humains dans la communication référentielle avec l'animal (Chapitre III)

2.2. LES ENREGISTREMENTS VOCAUX MODIFIES (CHAPITRE I ET CHAPITRE II)

Pour l'étude de la sensibilité des porcelets aux caractéristiques de la voix humaine (Chapitre I), les enregistrements de la voix émise sur un ton neutre (enregistrement n°1) ont été modifiés à l'aide du logiciel Audacity, pour moduler la hauteur (15% plus grave ou 15% plus aiguë) et/ou le tempo (33% plus rapide ou 33% plus lente) du signal (Figure 10). Les modifications de tempo allongeant (tempo lent) ou raccourcissant (tempo rapide) la durée des enregistrements, deux phrases au tempo rapide ont été assemblées afin de standardiser la durée des enregistrements.

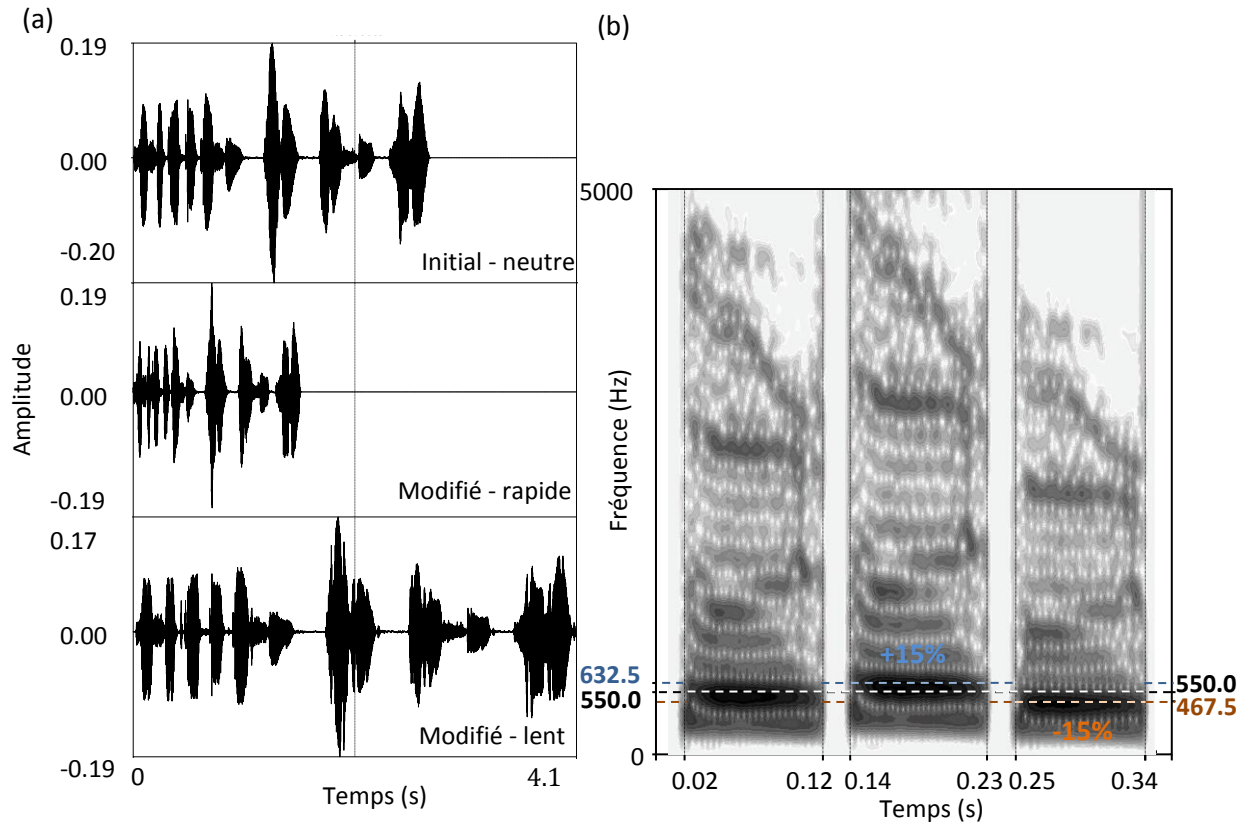


Figure 10: (a) Audiogrammes de la phrase complète et (b) spectrogrammes de la syllabe « co » (cochon) des enregistrements « neutre » initial et modifiés : modifications du tempo (a) et de la fréquence (b). L'amplitude (a) et la durée (b) des phrases vocales se trouvent légèrement modifiées.

3. LA PRESENTATION DES PARADIGMES

PREMIER PARADIGME

L'attribution par les animaux d'une valence à deux stimuli vocaux humains a été étudiée dans un test de choix réalisée dans un labyrinthe en forme de couloir (Figure 11). L'attraction pour ces deux stimuli a été définie par la décision de l'animal d'approcher à moins d'un mètre des haut-parleurs diffusant ces stimuli (couvrant les zones 1 et 2, et les zones 9 et 10, Figure 11, Browne *et al.*, 2010). Les enregistrements étaient diffusés de manière alternée à chaque extrémité du couloir.

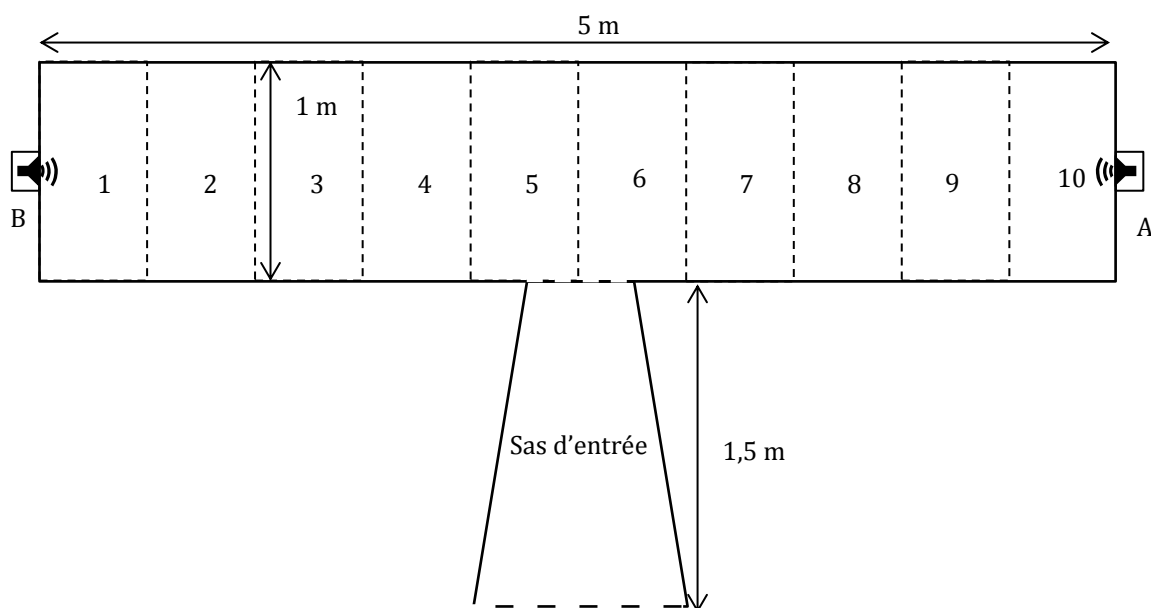


Figure 11 : Labyrinthe en T utilisé lors de l'étude de la sensibilité des porcelets aux signaux vocaux humains. Les pointillés fins indiquent un découpage virtuel en 10 zones. Les pointillés épais correspondent aux zones de passage des animaux. Deux portes aux extrémités (non représentées) permettaient aux expérimentatrices d'accéder à l'intérieur du labyrinthe.

DEUXIEME PARADIGME

Ce paradigme a été utilisé lors de l'étude des signaux humains utilisés au cours du développement de la relation homme-animal (Chapitre II). Les animaux recevaient un traitement dans leur loge d'élevage impliquant la présence de l'homme et la diffusion d'un signal sonore (enregistrement vocal n°1 modifié (plus aigu et plus lent) *versus* bruit de fond, Figure 12 (a)). Un lot contrôle ne recevait que les soins minimum nécessaires à leur maintien en élevage. Les animaux ont été soumis à deux tests à l'homme dans une aire de test décrite dans la Figure 12 (b). Après une période de familiarisation, l'expérimentatrice, qui portait un haut-parleur, entraînait dans l'aire de test par une porte située sur le côté et s'asseyait sur une caisse. Lors du

premier test, le haut-parleur diffusait l'enregistrement vocal pour les porcelets exposés à cet enregistrement lors du traitement, le bruit de fond de l'enregistrement pour les autres. Le haut-parleur diffusait le bruit de fond de l'enregistrement, pour tous les animaux, lors du second test à l'homme.

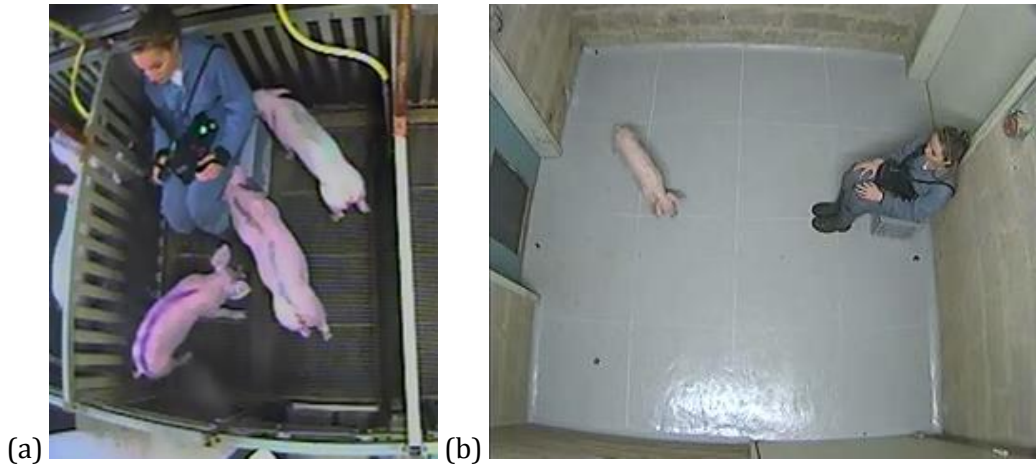


Figure 12 : (a) Traitement expérimental appliqué dans les loges d'élevage et (b) test à l'homme.
Les lignes désignent les limites virtuelles de zones.

TROISIEME PARADIGME

Ce paradigme visait à appréhender l'utilisation des signaux humains dans la communication référentielle avec l'animal (Chapitre III). Pour ce faire, nous avons soumis individuellement les porcs à une situation de choix dans laquelle ils devaient retrouver une récompense à l'aide de plusieurs signaux visuels et auditifs, seuls ou combinés, émis par l'expérimentatrice (Figure 13).

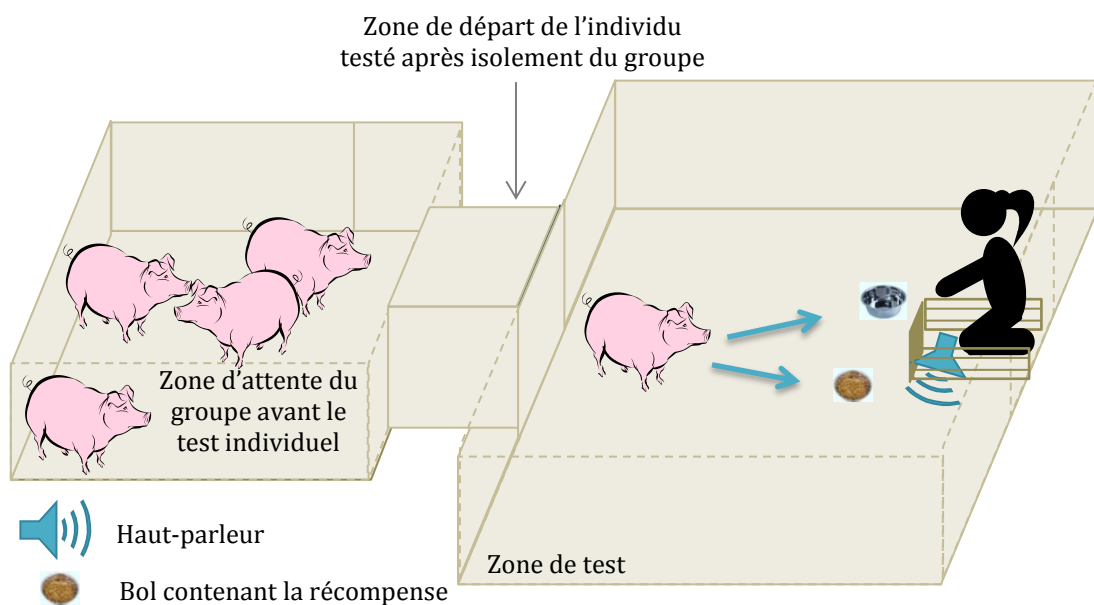


Figure 13 : Parc de test et zone d'attente des animaux.
Le haut-parleur est dirigé du côté du bol contenant la récompense.

4. LA METHODOLOGIE DES TESTS INDIVIDUELS

4.1. LA FAMILIARISATION AUX DEPLACEMENTS VERS L'AIRE DE TEST ET A L'AIRE DE TEST

Les interventions humaines auprès des porcelets (bruit, approche, contact physique) ou leurs conséquences (peur, fuite, glissade, blessure, etc.) survenant pendant le déplacement des animaux jusqu'à l'aire de test peuvent affecter leur réponse comportementale ou cognitive lors des tests (précipitation ou immobilité, diminution des performances cognitives, etc. (Mendl, 1999; Waiblinger *et al.*, 2006; Nawroth *et al.*, 2013a)). Aussi, les porcelets ont été habitués, pour chaque étude, à être déplacés jusqu'aux dispositifs de test (parc ou salle) soit dans un charriot pour les deux premières études (Chapitre I et Chapitre II), soit en le guidant dans un couloir en marchant derrière l'animal, avec un panneau en plastique pour la dernière étude (Chapitre III). L'animalier référent ou une expérimentatrice qui n'entrait pas en contact avec les animaux dans le parc de test s'occupait du transfert. Les animaux ont également été habitués à ces dispositifs de test afin de réduire les effets du facteur de nouveauté de l'environnement et d'isolement. Ceci a été réalisé en groupe, puis en trio ou en duo, puis seul lors de la première et de la dernière étude (Chapitre I et Chapitre III). Lors de l'étude du Chapitre II, nous avons familiarisé les animaux à l'aire de test uniquement, afin d'évaluer la qualité de la relation qui avait été mise en place pendant le traitement. La présence d'un homme familier peut être rassurante dans un nouvel environnement qui correspond à une source de stress pour les animaux. En revanche, pour les animaux qui ont peu d'expérience de l'homme ou peu d'attachement, la réaction face à l'homme peut s'ajouter à la nouveauté de la situation et accroître la peur exprimée dans l'aire de test (Waiblinger *et al.*, 2006).

Des observations en direct et sur vidéo ont été réalisées pendant ces phases de familiarisation et de tests. Les porcs ont également été habitués à entendre des enregistrements de voix féminines similaires à ceux entendus lors des tests, afin d'éviter toute réaction de surprise ou de néophobie (Hemsworth *et al.*, 1996a).

4.2. LES CRITERES D'OBSERVATIONS

Au cours des tests, nous avons observé le comportement général des animaux ainsi que des comportements spécifiques, en particulier ceux dirigés vers les haut-parleurs (Chapitre I), l'expérimentatrice (Chapitre II et Chapitre III) ou les bols où se trouvaient les récompenses (Chapitre III). Ces comportements sont listés dans le Tableau 6.

Tableau 6 : Répertoire comportemental utilisé lors des trois études.

Catégorie	Comportement	Description	Mesure	Observation	Chapitre
Déplacement	Zone visitée dans le parc	L'animal est considéré dans une zone lorsque ses deux pattes avant se trouvent dans la zone	Latence d'entrée et temps passé dans chaque zone, nombre de zones traversées	Sur vidéo	I - II
	Trajectoire de l'animal vers le bol	Directe (en ligne droite) ou indirecte (courbe, avec contact à l'homme, exploration de l'environnement)		En direct et sur vidéo	III
Vocalisation	Aboiement	Vocalisation grave, courte, bouche ouverte, fin « soufflée »	Nombre	En direct	I - II
	Grognement	Vocalisation grave, courte ou longue, bouche fermée, son nasal	Nombre		
	Vocalisation mixte	Commence dans les basses fréquences et se termine dans les hautes fréquences, par un couinement (bref et aigu)	Nombre		
	Couinement	Vocalisation aigüe, bouche fermée, courte	Nombre		
	Cri	Vocalisation aigüe, bouche ouverte, courte ou longue	Nombre		
Comportement vis-à-vis des haut-parleurs	Regard	L'animal est immobile et regarde en direction des haut-parleurs	Nombre, latence et durée	En direct	I
	Déplacement	L'animal marche et regarde en direction des haut-parleurs	Nombre et durée		
	Investigation	Flairage des haut-parleurs	Nombre et durée		
Comportement vis-à-vis des bols	1 ^{er} choix	Réussite (bol plein) ou erreur (bol vide)	Résultat, latence	En direct	III
Autre comportement	Investigation du parc	Animal qui lèche, mordille, frotte son groin ou renifle le sol ou la paroi du parc, immobile ou en mouvement, debout ou avec un ou deux genoux pliés	Latence et durée	En direct	I - II
	Tentative de fuite	Animal qui tente de sauter pour sortir du parc et se retrouve avec deux pattes en appui au sol et deux pattes en appui contre la paroi	Nombre		
	Maintenance	Miction ou défécation	Nombre		
Comportement vis-à-vis de l'homme	Regard	L'animal est immobile et regarde en direction de l'homme dans la loge ou dans l'aire de test	Nombre, latence et durée	Sur vidéo	II
		Type de regard à l'entrée de l'animal : absence, coup d'œil (< 1 s) ou regard plus long (> 1 s)		En direct	III
	Appui	L'animal saute ou soulève ses pattes avant pour prendre appui sur l'homme	Nombre, latence et durée	Sur vidéo et en direct	II
		Flairage de l'homme ou mordillement de la cotte, des bottes	Nombre, latence et durée		
	Investigation	Flairage ou mordillement de la main ou de la zone de l'homme (délimitée par une barrière)		En direct	III
Agression	Comportement agonistique envers l'homme (charge, morsure, coup de tête)	Nombre et latence	Sur vidéo et en direct	II	

5. LES CONSIDERATIONS ETHIQUES

Toutes les expériences réalisées dans le cadre de la thèse ont respecté les législations française et européenne en matière de bien-être animal, ainsi que les chartres nationales et institutionnelles en matière de respect de l'éthique en expérimentation animale. Toutes les expériences ont reçu l'aval du Comité rennais d'éthique en matière d'expérimentation animale (C2EA- 07).

RESULTATS

CHAPITRE I - DETERMINATION DE LA SENSIBILITE DES PORCELETS A LA VOIX FEMININE ET A SES CARACTERISTIQUES

INTRODUCTION

La voie auditive est une des voies de communication privilégiée chez le porc. Leur sensibilité auditive couvre un large spectre, qui pourrait s'étendre au-delà de la barrière de l'espèce. Bien que des études suggèrent que le porc soit sensible à la voix humaine, peu d'études se sont intéressées à l'effet des différents paramètres physiques de la voix sur les animaux.

MATERIEL ET METHODE

Nous avons soumis 42 porcelets à des tests de choix pendant lesquels deux types d'enregistrements vocaux féminins étaient opposés. Les animaux ont été répartis en trois groupes expérimentaux, chaque groupe étant soumis à trois tests de choix. Afin de déterminer la sensibilité des porcelets pour la voix féminine, pour chaque groupe, le premier test opposait un enregistrement de voix féminine prononçant une phrase sur un ton neutre (sans émotion particulière) *versus* le bruit de fond de l'enregistrement :

« De ce côté, cochon. Allez. Par ici. Viens là. »

Le premier groupe de porcelets (essai 1, Figure 14) a ensuite été soumis au même enregistrement vocal mais celui-ci a été artificiellement modifié pour les deux tests suivants : fréquences plus graves *versus* fréquences plus élevées, puis rythme plus rapide *versus* rythme plus lent. Le second groupe d'animaux (essai 2) a aussi été soumis à des modifications de la voix neutre initiale, en combinant ces caractéristiques : fréquences plus graves et rythme plus lent *versus* fréquences plus aiguës et rythme plus rapide, fréquences plus aiguës et rythme plus lent *versus* fréquences plus graves et rythme plus rapide. Le troisième groupe (essai 3) a été soumis à des enregistrements de voix transmettant différentes émotions (joie *versus* colère), puis différentes intonations (interrogation *versus* injonction).

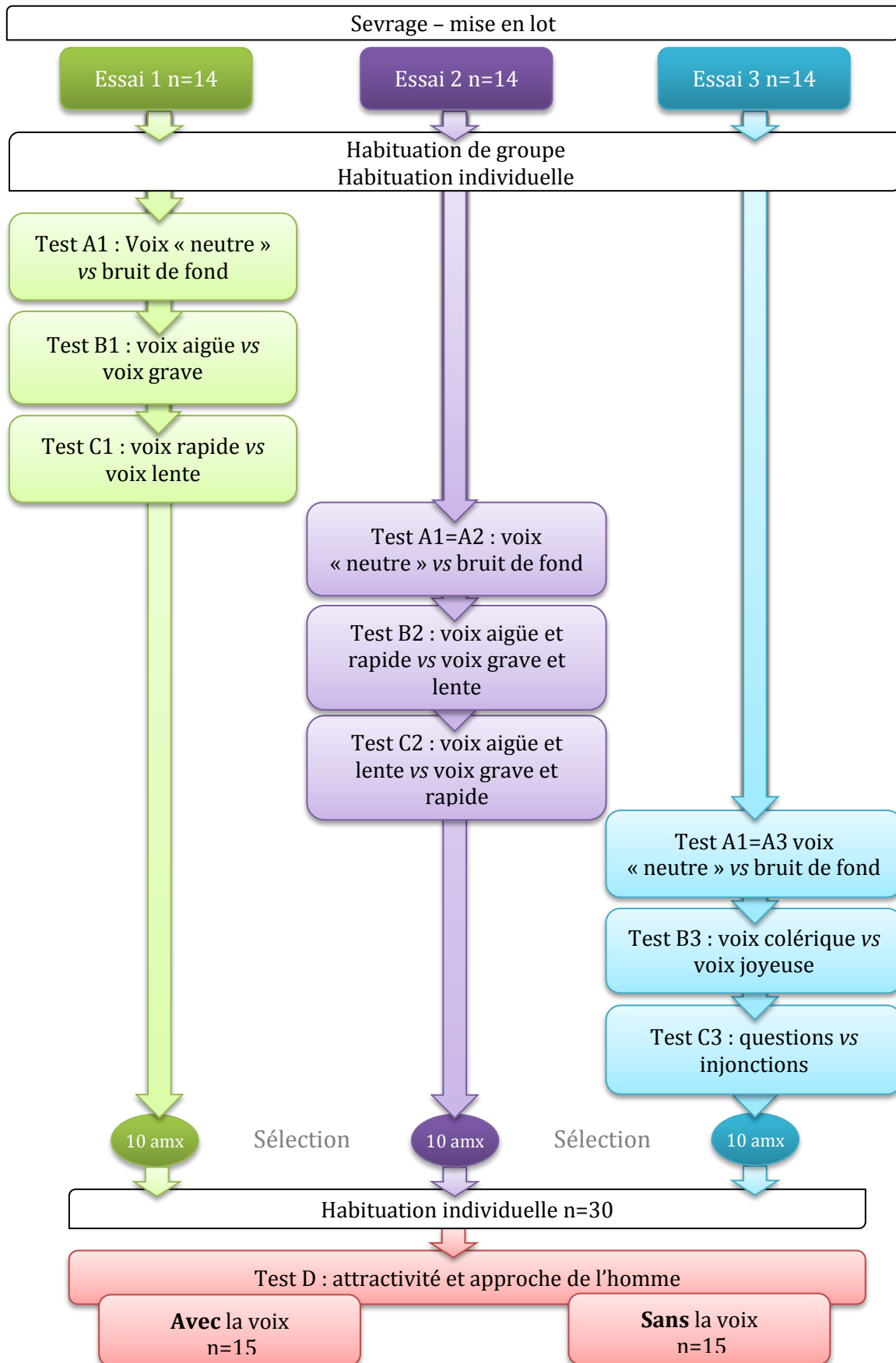


Figure 14 : Schéma expérimental de l'étude sur la sensibilité des porcs à la voix féminine.
Amx = animaux

Nous avons par la suite testé 10 porcelets de chaque essai (N = 30) en présence d'une expérimentatrice inconnue et immobile. L'expérimentatrice portait un haut-parleur qui pour la moitié des porcelets diffusait la voix qui s'est avérée la plus attractive (fréquence aigüe et rythme lent) et pour l'autre moitié le bruit de fond de l'enregistrement.

RESULTATS

Au cours du premier test, les porcelets ont manifesté un attrait pour la voix féminine prononçant la phrase sur un ton neutre en regardant plus souvent vers le haut-parleur diffusant l'enregistrement vocal que vers le bruit de fond ($p < 0.05$, Tableau 7), sans être attirés physiquement par le son (52 s (32 - 90), $p > 0.05$).

Tableau 7: Nombre de regards vers les haut-parleurs lors du premier test de chaque essai.

Les données sont exprimées en médianes et interquartiles

Essai	Voix neutre	Bruit de fond
Essai 1	4 (2 - 6)	2 (3 - 0)
Essai 2	3 (1 - 4)	1 (0 - 2)
Essai 3	2 (1 - 4)	1 (1 - 1)

La voix de fréquence aigüe au rythme lent (63.2 s (38.0 - 86.2)) a attiré plus de porcelets que la voix de fréquence grave au rythme rapide (59.5 s (35.0 - 71.6) $p < 0.05$). Toutefois, associée à la présence d'une expérimentatrice inconnue, la voix de fréquence aigüe au rythme lent n'a pas rendu l'expérimentatrice plus attractive que le bruit de fond de l'enregistrement ($p > 0.05$).

DISCUSSION

La sensibilité des porcelets à la voix humaine s'est avérée modérée mais pas inexistante. La voix neutre a capté l'attention des animaux, elle pourrait être perçue comme un signe de communication par les animaux. Une phrase prononcée lentement avec une voix aigüe a attiré les animaux physiquement; la voix pourrait agir comme un stimulus inconditionnel sur les animaux. Néanmoins, cette voix n'a pas spontanément rendu une expérimentatrice non familière plus attractive. Une exposition répétée pourrait être nécessaire.

A RETENIR

Les porcelets sont sensibles à la voix féminine, une voix au ton neutre attirant leur attention et une voix de fréquence aigüe, parlant lentement les attirant physiquement. Cependant, la voix ne rend pas l'homme spontanément plus attirant, dans nos conditions expérimentales.

1 **Domestic piglets (*Sus scrofa domestica*) are, to some extent, spontaneously sensitive to**
2 **the prosody of human voices**

3

4 *En préparation pour la revue Applied Animal Behaviour Science*

5

6 Sandy Bensoussan ^a, Raphaëlle Tigeot ^a, Alban Lemasson ^b, Marie-Christine Meunier-Salaün ^a,
7 Céline Tallet ^{a*}

8 ^a PEGASE, Agrocampus Ouest, INRA, 35590 Saint-Gilles, France

9 ^b Université de Rennes 1, Ethologie animale et humaine – C.N.R.S., Rennes, France

10 * Corresponding author

11 Telephone No: +332 23 48 50 53, Fax No: +332 23 48 50 80, e-mail address:

12 celine.tallet-saighi@inra.fr

13

14

15 **Highlights**

16 Auditory interactions are of major importance in pigs' intraspecific relationship.

17 Pigs may be sensitive to the human voice which fit their hearing range.

18 Piglets were sensitive to a neutral voice but not attracted to it in choice tests.

19 Piglets were attracted by a high-pitched voice speaking slowly.

20 An attractive voice could not overtake piglets' reactivity to an unknown human.

21 **Abstract**

22 Vocal communication is of major importance in pigs and their auditory sensitivity goes beyond
23 the intraspecific level. Indeed, studies have shown that domestic pigs are sensitive to Human
24 voices, but the question remains open when it comes to which prosodic features may matter.
25 Piglets were submitted to choice tests during which different pairs of sounds were broadcast. A
26 total of 42 piglets were allocated to three experimental groups, each one being submitted to
27 three choice tests. Each group was first proposed a choice between an unmodified (“neutral”)
28 human voice and a background noise. We found that piglets looked to the direction of the
29 “neutral” voice but did not approach it. Group 1 was then submitted to the same human voices
30 they initially heard but artificially modified: low vs high-pitched, and then slow vs rapid rhythm.
31 Group 2 was submitted to artificially modified voices with a combination of these features: rapid
32 and high-pitched vs slow and low-pitched, and then slow and high-pitched vs rapid and low-
33 pitched. Group 3 was submitted to natural voices coding for different emotions (happiness vs
34 anger) and then different intonations (interrogation vs command). We found that the high-
35 pitched voices speaking slowly (63.2 s (38.0 – 86.2)) attracted more piglets than the low-pitched
36 voices speaking rapidly (59.5 s (35.0 – 71.6) $p < 0.05$). At last, piglets (ten from each group,
37 $N=30$) were tested in the presence of a motionless unfamiliar human experimenter with the
38 broadcast of this attractive prosodic pattern (high-pitched voice speaking slowly) for half of
39 them or without (background broadcast). We found that the association with the voice did not
40 make the unfamiliar experimenter more attractive. In sum, the sensitivity of piglets for human
41 prosody was moderated but not inexistent, and did not particularly make humans more
42 attractive.

43

44 **Keywords**

45 human-animal relationship, piglets, voice prosody, auditory preferences, choice test

46

47 **1. Introduction**

48 Despite millennia of domestication, the animal-human relationship is still an ardent topic
49 regularly questioning the responsibility of humans in the use of domestic animals in society
50 (Hemsworth and Boivin, 2011). According to ethologists, any inter-individual relationship
51 develops through a series of interactions in time (Hinde, 1976; Estep and Hetts, 1992). The
52 quality of the interactions - pleasant, neutral or unpleasant - conditions the long-term response
53 developed by domestic animals toward humans (Hemsworth and Coleman, 2011b). Studying the
54 factors influencing the quality of a given interaction is thus a first crucial step that requires
55 detailed investigation (Appleby and Hughes, 1993; Tanida *et al.*, 1994).

56 Domestic animals base their response during the interaction on at least one of the different
57 characteristics emitted by humans (Seabrook and Bartle, 1992) with responses being typically
58 interpreted as fear or attractiveness as already shown by several studies (Seabrook and Bartle,
59 1992; Hemsworth and Coleman, 2011b). This plays an important role for the developing human-
60 animal relationship as positive interactions relax animals (dogs (Kostarczyk, 1992), horses
61 (Lynch *et al.*, 1974)) which typically become more performant (Hemsworth *et al.*, 1981) and
62 easier to handle (Le Neindre *et al.*, 1996) For example, whether human experimenters are
63 standing still or slowly approaching animals in or near their pen reduced the avoidance
64 responses of laying hens and chicks (Jones, 1993; Barnett *et al.*, 1994), cows (Hemsworth *et al.*,
65 1987b) or wolves (*Canis lupus*) (Woolpy and Ginsburg, 1967). Human postures sometimes also
66 matter as pigs (Miura *et al.*, 1996) fear more erect postures and approaching experimenters than
67 squatting postures and stationary experimenters. Adding gentle tactile interactions such as
68 brushing or petting increased approaches of humans by lambs (Markowitz *et al.*, 1998), poultry
69 (Jones, 1993) and cattle (Hemsworth *et al.*, 1996). Non-visual and non-tactile sensory modalities
70 have been far less studied, and this is notably true for olfactory and auditory characteristics
71 (Seabrook and Bartle, 1992; Hemsworth and Coleman, 2011b).

72 Nevertheless, domestic animals may be sensitive to human voices (Seabrook and Bartle, 1992),
73 but not always (Hemsworth *et al.*, 1986). Evidence of the aversion for shouts were found in
74 cattle (Waynert *et al.*, 1999; Pajor *et al.*, 2000), while singing used to help Scandinavian
75 herdswomen to move their flocks (Ivarsdotter, 2002), whereas loudness did not seem to
76 influence the approach responses of pigs (Hemsworth *et al.*, 1986). Domestic animals may even
77 detect very subtitle acoustic differences, as cats were found to be able to discriminate their
78 owners' voices from the voices of unfamiliar persons (Saito and Shinozuka, 2013). The prosodic
79 characteristics of the human voice could also be an indicator of the quality of the relationship
80 between farmers and their animals. Indeed Seabrook and Bartle (1992) reported that dairy units
81 where cows were talked "with", as expecting a response, had better milk yield than dairy units
82 where stockpeople talked "to" cows, i.e. issuing comments or commands. More standardized
83 tests are now necessary to test the degree of sensitivity of domestic animals to prosodic features.

84 Domestic pigs are ideal models in this perspective. Pigs are gregarious animals, developing
85 social relationships with both conspecifics and humans (Graves, 1984). They have an elaborated
86 auditory perception, with a broad hearing range (42 Hz to 40.5 kHz (Heffner and Heffner, 1990))
87 and a high sensitivity for frequencies below 1.5 kHz that falls into the pitch of human voice
88 (Signoret *et al.*, 1975). They also possess a large vocal repertoire with varied acoustic structures
89 and contexts of use (Briefer, 2012; Tallet *et al.*, 2013). Moreover, experienced handlers believe
90 that pigs respond to the variations in their voices (Broadfoot, 1970; Collin *et al.*, 2016). However,
91 to our knowledge, this has never been tested experimentally.

92 Hence, this study was the first to examine piglets' sensitivity to human voice prosodic features.
93 We submitted piglets to choice tests during which two different voices were systematically
94 broadcast. We hypothesize that piglets would be attracted by the human voice. As mammal calls
95 strongly vary acoustically with the arousal state of the caller including pigs (Briefer, 2012), we
96 tested prosodic features typically involved in emotion coding (i.e. pitch, rhythm) and we tested
97 different speaking intonations by using artificially and naturally modified human voices. We

98 hypothesized that certain characteristics would be more attractive than others according to
99 their possible valence for animals, such as speaking slowly rather than rapidly or speaking with
100 a questioning intonation rather than a commending intonation. We also tested the possible
101 interaction between factors as Human voices are typically acoustically complex. At last, we
102 submitted piglets to the presence of an unfamiliar handler to determine if the addition of a
103 preferred voice would contribute to make the person more attractive.

104

105 **2. Material and Methods**

106 The design of the experiment was approved on 10 August 2015 by the local ethic committee
107 (CR2EA - 07 Comité Rennais d'éthique en expérimentation animale, number
108 201503270953906).

109 **2.1. Animals and rearing conditions**

110 We used 42 female piglets (*Sus scrofa domestica*) born at the experimental unit of Saint-Gilles
111 (INRA, France) from Large White x Landrace sows inseminated by Pietrain semen. Piglets were
112 weaned at 28±2 days of age (called day 1 of the experiment) and transferred to their
113 experimental pens (1.30 x 1.20 m). Animals were equipped with coloured ear tags on the same
114 day in order to identify them. They were housed in groups of three siblings. Pens were equipped
115 with chains as enrichment material, a feeder (0.6 x 0.2 m), a drinking bowl and slatted floor.
116 Animals were fed commercial pelleted feed with *ad libitum* access (except during testing). Their
117 caretaker visually checked their health status when feeding them. Ambient temperature was on
118 average 25.5°C, decreasing from 28°C to 23°C along the post-weaning period (40 days). Artificial
119 light was provided from 8 a.m. to 4 p.m.

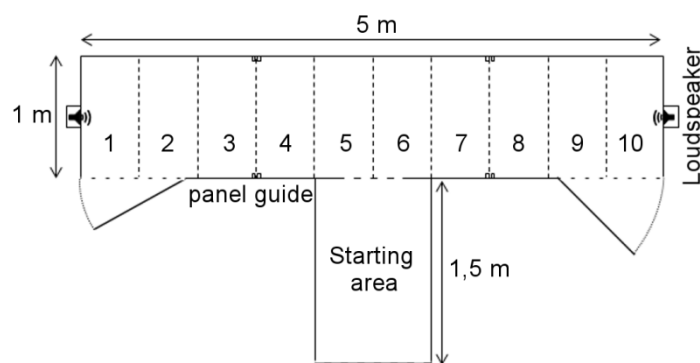
120

121

122 2.2. General procedure

123 The different familiarisation, training and tests were carried out in a room separated from
 124 the home pen room but situated in the same building. The test arena was in the shape of a
 125 corridor, made of opaque plastic walls and concrete floor (Fig 1). A starting area where the
 126 tested piglet was introduced just before the test was situated in the middle of the testing
 127 area. Both areas were communicating through a sliding door. One loudspeaker (MA-100su
 128 Mipro Electronics, Taiwan) was placed at each end of the test area through a hole in the wall
 129 to broadcast the sound recordings.

130



131

132 **Fig 1. Description of the test arena: test area and starting area, dimensions and**
 133 **equipment.** The suspended camera above the door situated between the starting and the test
 134 areas is not represented. Numbers inside dotted squares indicate the screen cutting for the zone
 135 analysis. Panel guides were used to reduce the test area surface in the second part of the
 136 experiment (test in presence of an unfamiliar human).

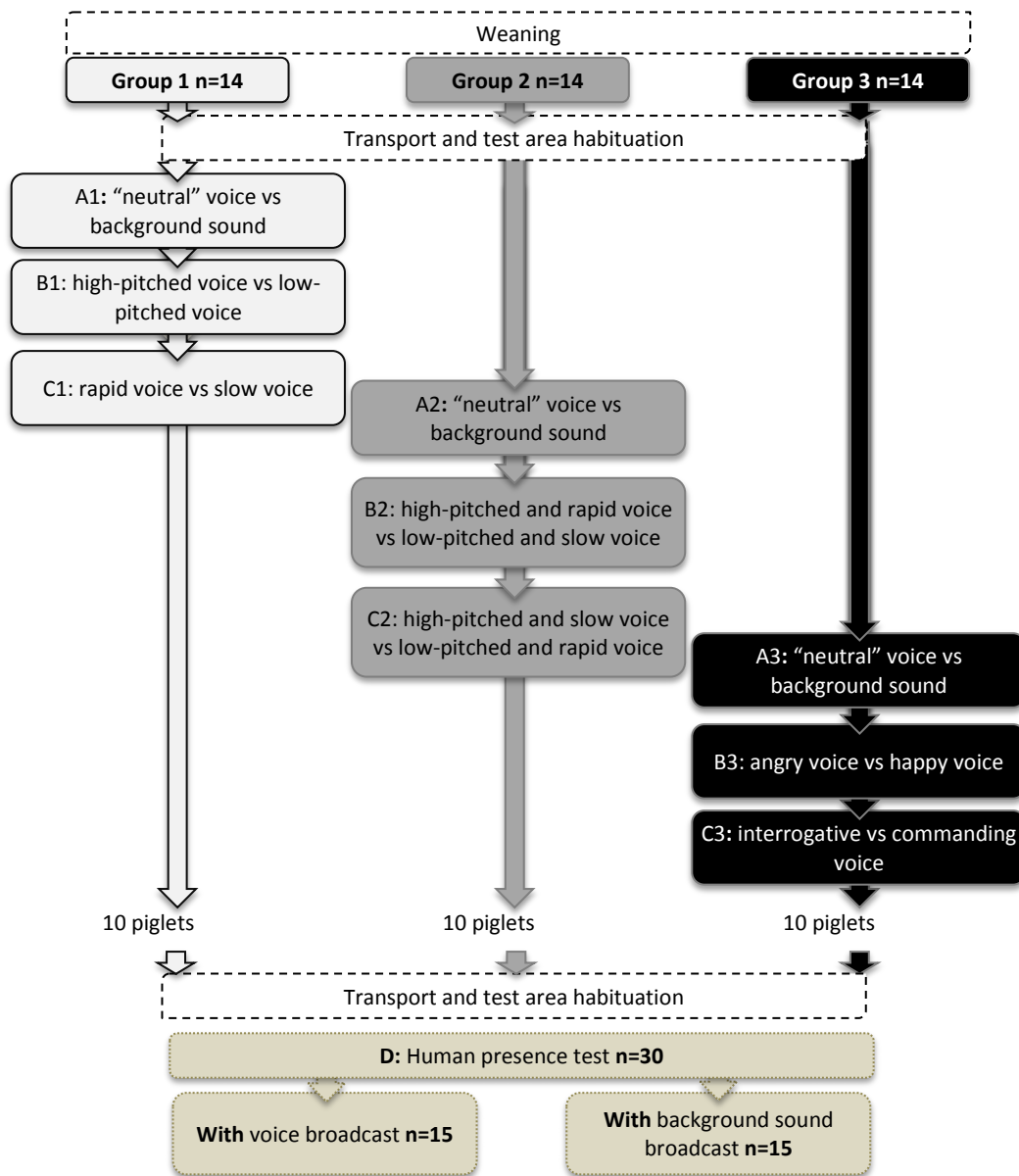
137

138 The 42 piglets were randomly allocated to three experimental groups of 14 piglets each,
 139 respecting the distribution of piglets' weaning weigh (Fig 2). All piglets were familiarised to
 140 being transported and to the test arena in rearing groups and then individually. Each piglet was
 141 then submitted to three individual choice tests during which different pairs of sounds were

142 broadcast according to its experimental group. At last, ten piglets in each experimental group
 143 were randomly selected and submitted to a human presence test with and without sound
 144 broadcast.

145

146 **Fig 2. Steps of the general procedure.**



147

148

149

150 2.3. Sound preparation

151 As piglets were reared by male caretakers, we chose to test only responses to female voices that
152 were unfamiliar to the piglets. Twenty eight volunteer women were recorded without being
153 informed of the precise aim of the project. We asked them to utter the following sentence: “De ce
154 côté, cochon. Allez. Par ici. Viens là.” (UK version: “On this side, pig. Come on. Over there. Come
155 here.”). As we intended to evaluate piglets’ perception of emotionality in the feminine voice, we
156 recorded the sentence on two different tones (three times each) for each volunteer: a happy and
157 an angry tone. As a control, we also recorded the sentence uttered thrice on a neutral tone
158 (without expressing any particular emotion). The second and the third recordings of each
159 emotion were kept for evaluation, the first being considered as a warming. As we also intended
160 to evaluate piglets’ perception of the tone of the human voice, we asked to the volunteers to
161 pronounce a list of expression currently heard in breeding facilities on an commanding tone and
162 on an interrogative tone. The background noise of the five recording rooms (with no biological
163 sound) was also recorded for 5 s. The recordings were made with a microphone (MKH 50 P 48
164 Sennheiser, Germany) and a microphone module with an acoustic foam windscreen (K6/ME66
165 Sennheiser, Germany). Microphone was connected to an audio digital portable recorder
166 (PMD661 Marantz Professional, The Netherlands; amplitude resolution: 16 bits; sampling rate:
167 44.1 kHz; WAV format).

168

169 *Evaluation of the “neutral” and emotional recordings:*

170 To ensure a good reliability of the emotion we wished to test, we asked to two groups of 12 and
171 13 adult women to attribute the emotion they perceived in 66 and 70 different recordings
172 respectively. The women were working in the INRA institution and did not participate to the
173 recordings. The rule was that two different recordings of the same emotional (or “neutral”)
174 sentence were not broadcasted more than twice consecutively. Each sentence was played twice
175 in a row before the volunteers were asked to score the emotion they identified among a list of six

176 possible answers: surprise, anger, happiness, fear, neutral and “I don’t know”. 21 voices were
 177 finally retained, their recordings obtaining the highest numbers of appropriate evaluations (i.e.
 178 the emotion we asked the volunteer to produce). Acoustic descriptions of the neutral stimuli are
 179 given in Table 1. Acoustic measurements were performed with ANA software (Richard, 1991).

180

181 **Table 1. Physical characteristics of the “neutral” tone used in the sound tests “neutral”**
 182 **voice versus background (test Ai).** Mean F₀: fundamental frequency calculated from five
 183 measured vowels: « De ce côté, cochon. Allez. Par ici. Viens là »; F_{max}: resonance frequency of
 184 maximal intensity in the entire sentence.

Voice	Experimental group	Mean F ₀ (Hz)	Total duration (ms)	F _{max}	Speed (# syllables/s)
1	1/2	233	3913	259	3,3
2	3	244	4050	433	3,2
3	1/2	284	3186	302	4,1
4	1/2	201	3854	172	3,4
5	1/2/3	244	3158	259	4,1
6	1/2	208	3140	216	4,1
7	3	220	2819	258,2	4,6
8	1/2	190	2630	129	4,9
9	3	203	2747	220	4,7
10	1/2	244	2952	259	4,4
11	1/2/3	240	2313	216	5,6
12	1/2/3	169	3851	129	3,4
13	1/2/3	223	2583	259	5,0
14	3	270	3413	389	3,8
15	3	248	5056	260	2,6
16	1/2	179	4748	129	2,7
17	1/2/3	209	3853	456	3,4
18	3	222	4312	490	3,0
19	3	230	2286	258	5,7
20	1/2	233	4180	259	3,1
21	1/2/3	190	2437	284	5,3
Mean ± SD	1/2	224 ± 40	3342 ± 861	222 ± 55	4,0 ± 1,0
	3	222 ± 35	3420 ± 769	290 ± 112	4,3 ± 0,9

185

186 14 voices among the 21 identified as “neutral” by the listeners were attributed to the piglets of
187 the experimental groups 1 and 2. Fourteen voices properly identified as expressing happiness
188 and anger were assigned to experimental group 3 (called happy and angry voices). Six voices
189 were identical in experimental group 1 or experimental group 2 and experimental group 3.

190

191 *Acoustic modifications*

192 Piglets from experimental group 1 and 2 were submitted to the initial recordings (the sentences
193 uttered on a “neutral” tone of voice) and to acoustic modifications of these recordings. These
194 modifications included changes of pitch (higher/lower) and/or rhythm (faster/slower), using
195 automatic options from Audacity software. For pitch modification, a scale $\pm 15\%$ frequency
196 switch was chosen to remain in the female natural frequency range (high-pitched or low-pitched
197 voice, see test A2 (Titze, 2000; Assmann *et al.*, 2006)). For tempo modifications, a switch of $\pm 1/3$
198 speed rhythm was chosen and two rapid sentences were concatenated for one slow sentence to
199 standardise the duration of the newly synthesized recordings (rapid voice or slow voice, see test
200 A3). Pitch and rhythm modifications were also combined (called high-pitched and rapid voice or
201 low-pitched and slow voice, see test B2, and called high-pitched and slow voice or low-pitched
202 and rapid voice, see test B3).

203

204 *Evaluation of the recordings on an interrogative or a commanding tone and their modifications*

205 Experimental group 3 piglets were submitted to newly synthesized recordings of the sentences
206 uttered on an interrogative and a commanding tone. To ensure a good reliability of the tone we
207 wished to test, the initial recordings of interrogative and commanding expressions of the 14
208 voices retained during the previous emotional evaluation were assessed by two experimenters
209 separately. These experimenters judged of the relevance of the tone of each expression (yes/no)

210 for each recording. Expressions with a convergent evaluation from both experimenters were
 211 then concatenated with the Audacity software (2.0.6, www.audacityteam.org) to synthesised
 212 two identical sentences of five syllables for each volunteer's voice, one uttered on an imperative
 213 tone and one on an interrogative tone (Table 2). In total, 14 different sentences were created to
 214 expose piglets to different combinations of expressions, balancing vowels and consonants
 215 between sentences, and presenting each expression to two different piglets.

216

217 **Table 2. Commanding and interrogative sentences according to piglets broadcast during**
 218 **the commanding versus interrogative voice test (C3).** UK versions are indicated below the
 219 French version in italics.

Piglet	Commanding tone	Interrogative tone
1	Allez ! Viens ici ! <i>Come on! Come here!</i>	Allez ? Viens ici ? <i>Come on? Come here?</i>
2	Arrête ! Coucher ! <i>Stop it! Down!</i>	Arrête ? Coucher ? <i>Stop it? Down?</i>
3	Arrête ! Debout ! <i>Stop it! Get up!</i>	Arrête ? Debout ? <i>Stop it? Get up?</i>
4	Assis ! Stop ! Par-là ! <i>Sit! Stop! This way!</i>	Assis ? Stop ? Par-là ? <i>Sit? Stop? Over there?</i>
5	Avance ! Bouge ! <i>Go! Move!</i>	Avance ? Bouge ? <i>Go? Move?</i>
6	Avance ! Marche <i>Go! Walk!</i>	Avance ? Marche ? <i>Go? Walk?</i>
7	Bouge ! Silence ! <i>Move! Quiet!</i>	Bouge ? Silence ? <i>Move? Quiet?</i>
8	Coucher ! Du calme ! <i>Down! Calm down!</i>	Coucher ? Du calme ? <i>Down? Calm down?</i>
9	Du calme ! Va-t'en ! <i>Calm dawn! Go away!</i>	Du calme ? Va-t'en ? <i>Calm dawn? Go away?</i>
10	Là-bas ! Recule ! <i>Over there! Back!</i>	Là-bas ? Recule ? <i>Over there? Back?</i>
11	Marche ! Silence ! <i>Walk! Quiet!</i>	Marche ? Silence ? <i>Walk? Quiet?</i>
12	Reculer ! Assis ! <i>Back! Sit!</i>	Reculer ? Assis ? <i>Back? Sit?</i>
13	Stop ! Debout ! Là-bas ! <i>Stop! Up! Over there!</i>	Stop ? Debout ? Là-bas ? <i>Stop? Up? Over there?</i>
14	Va-t'en ! Non ! Par-là ! <i>Go away! No! This way!</i>	Va-t'en ? Non ? Par-là ? <i>Go away? No? This way?</i>

220

221 **2.4. Familiarization to transport by cart and to the test arena**

222 Piglets were weaned on day 1 and not solicited until day 5 to settle in their new facilities (Table
 223 3). From day 5, we familiarised all piglets to being transported to the testing arena by cart. Two
 224 loudspeakers alternately broadcast livestock noises during 5 s at 65 ± 1 dB with the same
 225 material used for the voice recordings. Each rearing group of piglets was moved in an opaque
 226 cart to the test arena three times in two days and could explore the test area during 10 min.
 227 During the two following days (day 7 and 8), they were moved one by one to explore the test
 228 arena alone for 5 min once per day. Finally each piglet was tested in three consecutive choice
 229 tests according to its group (Table 3). Before running the first test of each experimental group,
 230 piglets from the corresponding experimental group were individually moved again and left in
 231 the test arena for 5 min on two days to secure the familiarisation.

232

233 **Table 3. Timeline of the familiarization and tests periods: steps from weaning day (D1)**
 234 **with their duration and frequency.** Days not indicated correspond to resting days.

Day	Step	Duration and frequency application
1	Weaning and transfer to home pen	1 h
5 to 6	Group familiarisation to cart transport and test arena	10 min, 3 times/ 2 days
7 to 8	Individual familiarisation to cart transport and test arena	5 min, once/ day
9 & 12	Individual familiarisation to cart transport and test area for group 1	5 min, once/ day
13 to 15	Individual choice tests for group 1	1 test/ piglet/ day
16 & 19	Individual familiarisation to cart transport and test area for group 2	5 min, once/ day
20 to 22	Individual choice tests for group 2	1 test/ piglet/ day
23 & 26	Individual familiarisation to cart transport and test area for group 3	5 min, once/ day
27 to 29	Individual choice tests for group 3	1 test/ piglet/ day
33 to 34	Individual familiarisation to cart transport and test area	5 min, once/ day
35 to 36	Individual response to human presence test	1 test/ piglet

235

236

237 **2.5. Choice tests**

238 Each experimental group of piglets was submitted to three consecutive different choice tests
 239 between two vocal stimuli.

240 Piglets from group 1 were submitted to:

- 241 - Tests A1 on day 13: neutral voice vs background noise
- 242 - Test B1 on day 14: high-pitched vs low-pitched voice.
- 243 - Test C1 on day 15: rapid vs slow voice.

244 Piglets from group 2 were submitted to:

- 245 - Test A2 on day 20: neutral voice vs background noise.
- 246 - Test B2 on day 21: high-pitched and rapid voice vs low-pitched and slow voice.
- 247 - Test C2 on day 22: high-pitched and slow voice vs low-pitched and rapid voice.

248 Piglets from group 3 were submitted to:

- 249 - Test A3 on day 27: neutral voice vs background noise.
- 250 - Test B3 on day 28: angry vs happy voice.
- 251 - Test C3 on day 29: interrogative vs commanding tone of voice.

252

253 A given stimulus (voice) was assigned to a given loudspeaker (left or right) in a balanced order
 254 and the two loudspeakers played alternatively the same sentences. Sound level was fixed at
 255 65 ± 2 dB max sound pressure level at 1 m from the source. For a given test, a single piglet was
 256 moved by cart from its pen to the starting area of the test arena. Playbacks were broadcast once
 257 on each side before opening the access to the test area and repeated alternately until the end of a
 258 test. If a piglet did not enter the test area after 30 s, it was pushed by the experimenter. The test
 259 ended 5 min after the entrance of the piglet in the test area.

260

261

262 **2.6. Human presence test**

263 During this test, piglets were put in presence of a silent unfamiliar female experimenter carrying
264 a loudspeaker broadcasting a recorded voice or the background noise was. Ten animals per
265 group (in total 30 piglets) were selected to balance their genetic origin and their overall
266 reactivity towards human voice during the choice tests. We balanced among the groups the
267 numbers of tests in which animals were attracted to voices (0 tests to 3 tests) (i.e. spending
268 more than 90 s in the three zones nearest to the loudspeakers during at least one test). Half of
269 the piglets were allocated to the “with voice” test and the other half to the “without voice” test.
270 We used the test area but reduced its length to 3.5 m by placing a wooden board. An unfamiliar
271 experimenter placed herself at the extremity opposite to the starting area. She turned on the
272 loudspeaker before the opening of the starting area door and stood still for 2 min. For the “with
273 voice” group, we used the same high-pitched and slow sentences heard in the first series of tests,
274 as this type of voice modification was found to be particularly attractive (see the results section).
275 Each piglet was again assigned its initially designated woman voice. For the “without voice”
276 group, we used the same background noise also played in the first series of tests (A_i).

277

278 After 2 min, the experimenter attempted to touch the piglet by walking slowly in its direction
279 and attributed a score to its reaction:

- 280 - **Score 0:** The experimenter touched the piglet and it did not try to avoid the contact,
- 281 - **Score 1:** The experimenter touched the piglet and it tried to avoid the contact but did not
282 express any fear reaction (see score 3),
- 283 - **Score 2:** The experimenter could not touch the piglet which systematically stood away
284 or moved away slowly without expressing any fear reaction (see score 3),

- 285 - **Score 3:** The experimenter could not touch the piglet which systematically stood away
 286 or moved away while expressing fear reactions:
- 287 ○ “frozen” animal (tense body)
 - 288 ○ turning its back to the experimenter, standing with a tensed body
 - 289 ○ expressing high-pitched vocalisations
 - 290 ○ running away from the experimenter
 - 291 ○ jumping or trying to jump against the test arena wall
 - 292 ○ urinating or defecating

293

294 **2.7. Observations**

295 Piglets’ behaviours during the tests were video recorded with a camera (Panasonic France PC25-
 296 2230P33, France) in a housing (Vista VHE-23HV IP 68, England) fixed above the test area. The
 297 camera was connected to a computer equipped with a video acquisition card Mpeg Noldus 2.1
 298 and the Mpeg Recorder software (Noldus, The Netherlands). Experimenters were not visible by
 299 the animals. Experimenter 1 numbered the vocalizations (Table 4) and recorded the areas
 300 crossed by the piglets via a portable computer (Dell precision M4400) equipped with The
 301 Observer XT software (11.0, Noldus, The Netherlands). Experimenter 2 coded piglets’ non vocal
 302 behaviours via a Psion portable system (Workabout Pro3, Psion Teklogix, The United Kingdom)
 303 with Pocket Observer 3.0 software (Noldus, The Netherlands). We then extracted the number of
 304 occurrence of each behavioural item as well as their duration and latency of their first
 305 occurrence.

306

307 **Table 4. Behavioural repertoire used for the choice and the human presence tests.**
 308 Behaviours directed to the experimenter were observed only during the human presence tests.
 309 All other behaviours were observed during all tests.

Behaviour		Description
Toward one loudspeaker	Look	Head directed to one loudspeaker
	Investigation	Animal touching or sniffing one loud speaker
	Walk and look	Animal walk and look toward one loudspeaker
Vocalizations	High-pitched call	High-pitched vocalization ending with an open mouth: scream, squeal or grunt-squeal
	Low-pitched call	Low-pitched vocalization emitted with a closed mouth: grunts
Others	Exploration	Animal sniffing, liking, rubbing its snout on the ground or on the wall
	Escape	Animal attempting to escape from the test area, by jumping against the wall
	Maintenance	Animal urinating or defecating
Locomotion	Zone entering	Animal considered in a zone when its two front legs passed the border (only during the human presence tests)
Toward experimenter A	Look	Head directed to the experimenter
	Investigation	Animal touching or sniffing the experimenter or chewing her clothes
	Walk and look	Animal walking with the head directed toward the experimenter
	Aggression	Agonistic behaviours (threat, bite, charge...) toward the experimenter

310

311 **2.8. Data preparation**

312 *Missing data*

313 Two choice tests had to be prematurely interrupted 30 seconds before the end, due to
 314 unexpected external perturbations. The data scored in these 270s tests were thus weighted to be
 315 comparable with the 300s usual duration. One video went missing in group 2 (saving failure),
 316 the corresponding data were removed from the analysis thus we ended with a sample of 14
 317 piglets in experimental group 1, 13 in experimental group 2 and 14 in experimental group 3.

318

319

320 *Choice tests*

321 We tested whether piglets behaved differently according to the two sounds heard in a given test.
322 First, to determine piglets immediate physical attraction to sounds, we analysed the side chosen
323 by piglets to enter the test area. Second, to determine the visual interest of piglets for the sound
324 sources, we calculated the individual mean looking duration by dividing the time spent looking
325 at a given loudspeaker by the corresponding number of looks. Third, to assess the impact of
326 sounds on piglets, we extracted all non-visual behaviours occurring in the two zones nearest to
327 the speakers in each branch of the test area (zones 1 & 2 vs zones 9 & 10, representing 1 m²
328 each, Fig 1). To be comparable, the numbers of behaviours sampled were divided by the time
329 spent in each side.

330 We also wanted to know whether piglets presented a predictable pattern of response according
331 to their experience with the different voices heard. To determine if the neutral voice attraction
332 (i.e. A_i tests) could influence the later attraction to the modified voices (i.e. B_i & C_i tests), we
333 sorted piglets from the three groups according to the results in their first test (i.e. neutral voice
334 vs background noise). We considered piglets as “attracted” by the neutral voice if the time they
335 spent in the zone broadcasting the neutral voice was equal or superior to the median duration
336 spent in this zone by all piglets.

337

338 *Human presence tests*

339 For each piglet, we calculated the mean durations spent near (Fig 1: zones 4 to 6 or 5 to 7) and
340 far (Fig 1: zones 7 to 10 or 1 to 4) from the motionless experimenter.

341

342 **2.9. Statistical analyses**

343 All statistical analyses were carried out using R software (3.1.1, r-project.org (R Core Team,
344 2014)). For each type of choice test (A_i, B_i and C_i), we determined the preferred side of entrance

345 in the test area with a binomial test. We determined if piglets developed a side bias through the
346 tests within groups and compared the distribution of piglets entering on each side between the
347 three groups to determine if a lateral bias was developed. We used a generalised linear mixed
348 model assuming a binomial error with a logit link function. “test” and “group” were used as fixed
349 factors and “piglet” as random effect in the lme4 package (Bates *et al.*, 2014). When conditions
350 were not met for parametric analysis, even after transformation of the data, we used non
351 parametric methods. We compared the distribution of piglets entering on the left and on the
352 right side between groups with a fisher test.

353 To determine the impact of broadcast characteristics on measures, we compared data between
354 groups of piglets with Kruskal-Wallis tests and we realized pairwise Wilcoxon comparisons with
355 a Bonferroni correction when significant. We used Mann-Whitney tests to compare the type of
356 broadcast heard in the same tests.

357 We compared piglets’ characteristic attraction scores (high-pitched, happy...) between piglets
358 “attracted” and piglets “not attracted” by the neutral voice with Mann and Whitney tests. Results
359 were considered as significant when the probability of the null hypothesis was less than or equal
360 to 0.05. Values are presented as medians and interquartile range (Q25-Q75).

361 For the reactivity to the experimenter test we compared the zones duration of occupation by the
362 piglets between conditions and types of zone with a generalised linear mixed model assuming a
363 gamma error with a log link function. “zone” and “type of broadcast” and their interaction were
364 used as fixed factors and “piglet” as a random factor. We added as covariate the reactivity score
365 of the piglets and its interaction with the other fixed factors to determine its impact on the data.
366 We compared the broadcast effect on the other behaviours with generalised linear mixed
367 models assuming a gamma error with a log link function (for latencies and durations of looks at
368 experimenter 3 and test area investigation) or a Poisson error with a logit link function (for
369 numbers of grunts, looks at experimenter 3). “type of broadcast” and “reactivity score” as
370 covariate and their interaction were used as fixed factors and “piglet” as a random factor. We

371 analysed the effect of the type of broadcast on the reactivity scores with a generalised linear
 372 mixed model assuming a Poisson error with a logit link function. “type of broadcast” was used as
 373 a fixed factor and “piglet” as a random factor. Values are presented as mean \pm mean standard
 374 error. Values are then presented as means \pm means standard error. When factors revealed
 375 significant effects, we compared factor levels with the lsmeans package (Lenth, 2015). Values are
 376 then presented as lsmeans \pm lsmeans standard error. We used Fisher tests to compare the
 377 number of piglets investigating experimenter 3 between type of broadcasts and scores because
 378 of the reduced number of animals performing this behaviour. Values are presented as medians
 379 and interquartile range (Q25-Q75).

380

381 **3. Results**

382 The time piglets stayed at less than 1.5 m from the loudspeakers varied from 42 to 86 ms
 383 according to the sound broadcast (Table 5).

384

385 **Table 5. Mean \pm sd time (ms) spent at less than 1.5 m from the loudspeakers (three**
 386 **closest zones) according to the sound broadcast.** According to raw data, piglets stayed the
 387 longest near the loudspeaker broadcasting the high-pitched and slow voice.

Sound broadcast	Mean duration \pm sd (ms)
High-pitched voice	53.1 \pm 7.5
Low-pitched voice	76.0 \pm 17.0
Rapid voice	63.7 \pm 12.6
Slow voice	65.0 \pm 9.8
High-pitched and rapid voice	70.0 \pm 8.8
Low-pitched and slow voice	46.7 \pm 9.7
High-pitched and slow voice	86.2 \pm 11.8
Low-pitched and rapid voice	42.2 \pm 10.5
Angry voice	60.5 \pm 9.3
Happy voice	84.4 \pm 13.2
Interrogative voice	82.1 \pm 13.3
Commanding voice	79.2 \pm 16.2

388

389

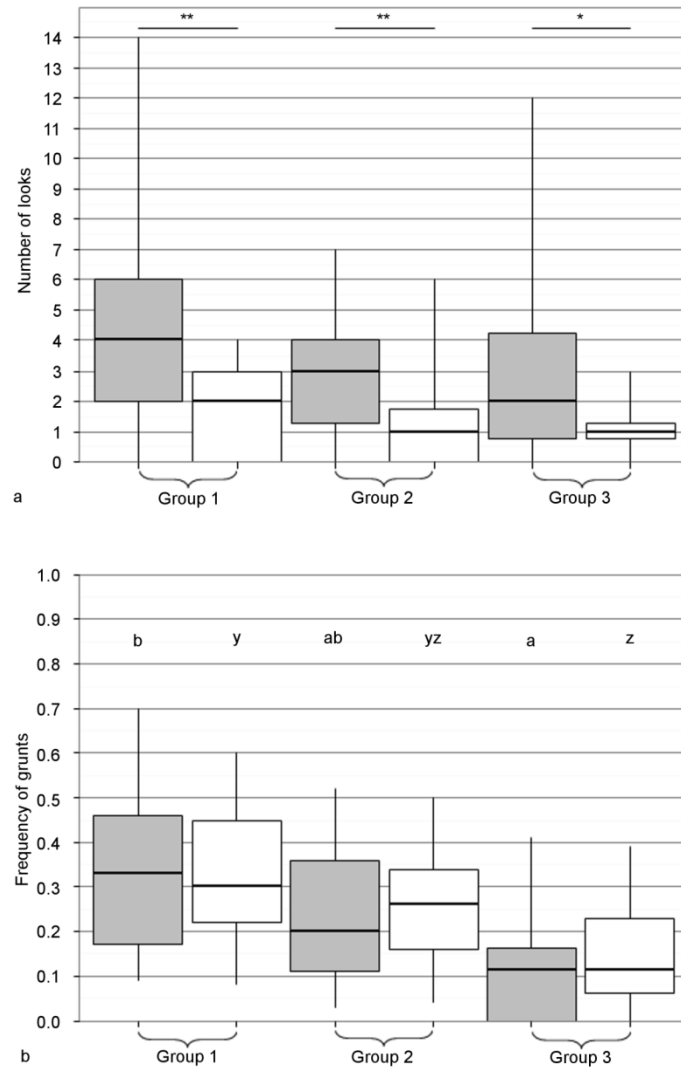
390 3.1. Analysis of A_i tests: Are piglets attracted to the human voices?

391 In the three study groups, the piglets looked most of the times at least once at each loudspeaker
392 but the total number of gazes directed towards the one broadcasting the human voice was
393 systematically higher.

394 The proportions of piglets looking at least once at each type of sound source (“neutral” voice vs
395 background noise) were indeed similar, regardless of the study group (Fisher exact tests: group
396 1: $p = 0.16$, group 2: $p = 0.08$, group 3: $p = 1.00$). In addition, the number of piglets looking or not
397 at the loudspeaker did not differ between groups either for the neutral voice (group 1: 12/13
398 looking piglets, group 2: 13/14 looking piglets, group 3: 10/13 looking piglets, Fisher exact test
399 $p = 0.50$) or for the background noise (group 1: 8/13 looking piglets, group 2: 8/14 looking
400 piglets, group 3: 9/13 looking piglets, Fisher exact test $p = 0.92$).

401 However, the total number of gazes per individual directed towards the human voice source was
402 significantly higher (about twice higher) than the one directed towards the background noise
403 area for the three study groups (Fig 3a). Also, this gazing frequency was similar in the three
404 study groups regardless of the target analysed (neutral voice: $H = 1.29$, d.f. = 2, $p = 0.52$,
405 background noise: $H = 0.67$, d.f. = 2, $p = 0.812$).

406



407

408 **Fig 3. Number of looks (a) and frequency of grunts (b); for each group of piglets according**
 409 **to the type of sound broadcast during the test.** Grey boxes represent behaviours towards the
 410 neutral voice; white boxes represent behaviours toward the background noise. Boxes with
 411 different letters or with asterisks significantly differ with the following probabilities effects: *: p
 412 < 0.05, **: p < 0.01.

413

414 Nevertheless, piglets' total gazing durations did not differ between the two acoustic stimuli
 415 (group 1: U = 24, p = 0.44, group 2: U = 24, p = 0.44, group 3: U = 25, p = 0.36), and between the
 416 three groups (neutral voice: H = 1.13, d.f. = 2, p = 0.57, background noise: H = 0.01, d.f. = 2,
 417 p = 1.00). Moreover, each group looked at the loudspeaker broadcasting the "neutral" voice

418 recording as rapidly in 19.8 s (10.5 – 43.5) ($H = 0.64$, d.f. = 2, $p = 0.73$). However, we found
419 significant differences between groups in the latency before looking at the loudspeaker
420 broadcasting the background sound ($H = 8.81$, d.f. = 2, $p = 0.01$). With 38.5 s (21.2 – 67.2) group
421 1 looked 55% significantly faster than group 2 (86.0 s (81.2 – 157. 2)) and the latency before
422 looking at the loudspeaker of group 3 was intermediary with (57.5 s (48.0 – 99.0)). For each
423 group, piglets looked at each type of sound as rapidly (group 1: $U = 5$, $p = 0.08$; group 2: $U = 5$,
424 $p = 0.08$; group 3: $U = 14$, $p = 0.62$).

425 Conversely to some differences in terms of visual attraction described above, we found no
426 impact of the type of sound broadcast (voice vs background noise) on all measures related to
427 physical attraction.

428 Piglets of the three groups visited as often the loudspeaker zones for each type of sound (neutral
429 voice: $H = 3.09$, d.f. = 2, $p = 0.21$, background noise: $H = 3.47$, d.f. = 2, $p = 0.18$). With on average 5
430 visits (3 - 7), piglets visited both loudspeaker zones similarly for each group (group 1: $U = 29$,
431 $p = 0.26$, group 2: $U = 34.5$, $p = 0.75$, group 3: $U = 10.5$, $p = 0.33$). The three groups entered as
432 rapidly in the zones near the loudspeaker broadcasting the neutral voice recording ($H = 0.07$,
433 d.f. = 2, $p = 0.96$). We found significant differences in the latency before entering in the zones
434 near the loudspeaker broadcasting the background noise ($H = 6.3$, d.f. = 2, $p = 0.04$) but pairwise
435 comparisons did not reveal significant differences between the groups (group 1 and 2: $p = 0.65$,
436 group 1 and 3: $p = 0.45$, group 2 and 3: $p = 0.06$). For each group, piglets did not enter in one
437 loudspeaker zone more rapidly than in the other (group 1: $U = 50$, $p = 0.78$, group 2: $U = 38$,
438 $p = 0.38$, group 3: $U = 60$, $p = 0.33$); reaching it on average in 44.8 s (19.2 – 92.2). Piglets from the
439 three groups spent similar durations near the loudspeakers for the neutral voice ($H = 3.15$,
440 d.f. = 2, $p = 0.21$) and for the background sound either ($H = 0.92$, d.f. = 2, $p = 0.63$). With on
441 average 52.2 s (31.5 – 89.6) spent in the zones near the loudspeaker, each group spent as much
442 time near each type of sound broadcast (group 1: $U = 43$, $p = 0.89$, group 2: $U = 36$, $p = 0.32$,
443 group 3: $U = 45$, $p = 1$).

444 The type of sound broadcast nearby also influenced the vocal behaviour of piglets. The number
445 of piglets emitting high-pitched vocalisations did not differ between groups either for the
446 neutral voice (group 1: 5/13 vocalising piglets, group 2: 3/14 vocalising piglets, group 3: 1/13
447 vocalising piglets, Fisher exact test $p = 0.18$) or for the background noise (group 1: 5/13
448 vocalising piglets, group 2: 1/14 vocalising piglets, group 3: 2/13 vocalising piglets, Fisher exact
449 test $p = 0.13$). , frequencies of grunting near the loudspeakers significantly differed between
450 groups for both types of sound (neutral voice: $H = 11.81$, background sound: $H = 9.63$, both
451 d.f. = 2, $p < 0.01$, Fig 3b). Piglets from group 1 grunted 73% more often near the neutral voice
452 than piglets in group 3 ($p < 0.01$); group 2 being intermediate (group 1 vs group 2: $p = 0.48$,
453 group 3 vs group 2: $p = 0.06$). Piglets from group 1 and 2 grunted as often near the background
454 sound ($p = 1.00$). Piglets from group 3 grunted 200% less often than piglets in group 1
455 ($p = 0.018$) and 170% less often than piglets in group 2 ($p = 0.05$). For each group, piglets
456 grunted as often near each type of sound (group 1: $U = 53$, $p = 0.29$, group 2: $U = 40.5$, $p = 0.47$,
457 group 3: $U = 23$, $p = 0.68$).

458

459 **3.2. Analysis of B_i and C_i tests: does the acoustic characteristic of the Human voice**
460 **broadcast matter?**

461 **3.2.1. Influence of variations in pitch (high- vs low-pitched voice) and rhythm**
462 **(rapid vs slow voice)**

463 For each test a similar number of piglets looked at each loudspeaker (group 1: high-pitched vs
464 low-pitched voice: 10/13 vs 10/13 looking piglets, rapid vs slow voice: 11/13 vs 12/13 looking
465 piglets; group 2: high-pitched and rapid vs low-pitched and slow voice 10/14 vs 10/14 looking
466 piglets, high-pitched and slow vs low-pitched and rapid voice: 11/14 vs 11/14 looking piglets;
467 each Fisher exact test $p = 1$). Among them, most of the piglets looked at both loudspeakers: for
468 group 1: 8 piglets in the high-pitched vs low-pitched voice test, 11 piglets in the rapid vs slow

469 voice test; for group 2: 7 piglets in the high-pitched and rapid vs low-pitched and slow voice test
470 and 8 piglets in the high-pitched and slow vs low-pitched and rapid voice test.

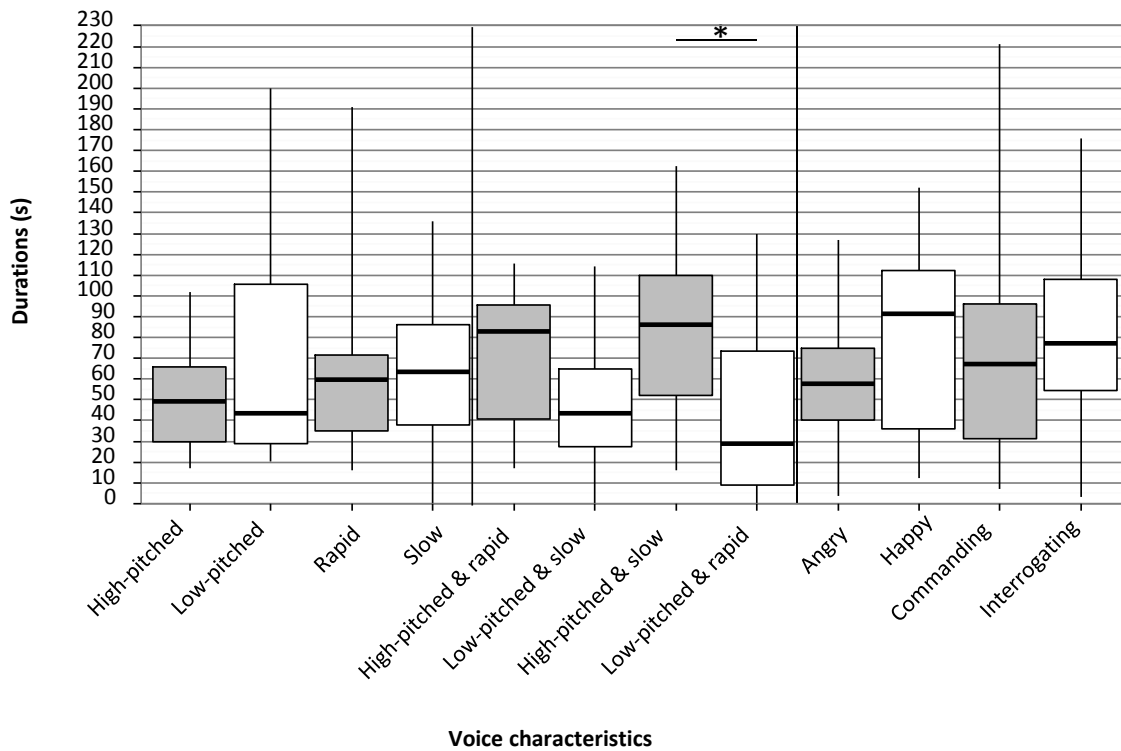
471 Individually, piglets looked at each loudspeaker as rapidly during each test (Table 6, for all tests
472 $p > 0.05$). They gave similar amounts of looks at the loudspeakers and looks lasted for similar
473 durations (for all tests $p > 0.05$).

474 **Table 6. Behaviour measures per voice characteristics and Wilcoxon test statistics.** Values with different letters are significantly different with
 475 $p < 0.05$.

Behaviour	Measure	Test	Group	Voice characteristics	Values	Statistics
Group 1 and 2						
looks at the loudspeaker	Latency (s)	B	1	high-pitched vs low-pitched	56.3 (24.5 - 126.8)	V = 17.0
		C	1	rapid vs slow	92.3 (39.0 - 129.3)	V = 40.0
		B	2	high-pitched and rapid vs low-pitched and slow	113.2 (58.6 - 176.8)	V = 17.0
		C	2	high-pitched and slow vs low-pitched and rapid	124.1 (52.6 - 188.5)	V = 20.0
	number	B	1	high-pitched vs low-pitched	1.0 (1.0 - 2.0)	V = 34.5
		C	1	rapid vs slow	2.0 (1.0 - 3.0)	V = 45.0
		B	2	high-pitched and rapid vs low-pitched and slow	1.0 (0.0 - 2.0)	V = 24.0
		C	2	high-pitched and slow vs low-pitched and rapid	2.0 (1.0 - 2.0)	V = 22.5
	Duration (s)	B	1	high-pitched vs low-pitched	0.7 (0.4 - 2.2)	V = 51.0
		C	1	rapid vs slow	1.3 (0.7 - 2.9)	V = 44
		B	2	high-pitched and rapid vs low-pitched and slow	1.6 (0.0 - 2.9)	V = 54
		C	2	high-pitched and slow vs low-pitched and rapid	2.4 (0.5 - 6.1)	V = 42
crossed zones	Latency (s)	B	1	high-pitched vs low-pitched	21.3 (9.5 - 34.2)	V = 41.0
		C	1	rapid vs slow	5.7 (2.2 - 31.7) a	V = 65.0
		B	2	high-pitched and rapid vs low-pitched and slow	33.1 (15.0 - 69.7) b	V = 36.0
		C	2	high-pitched and slow vs low-pitched and rapid	21.0 (13.0 - 67.7)	V = 51.0
	number	B	1	high-pitched vs low-pitched	1.0 (1.0 - 2.0)	V = 49.0
		C	1	rapid vs slow	2.0 (1.0 - 3.0)	V = 44.0
		B	2	high-pitched and rapid vs low-pitched and	1.0 (0.0 - 2.0)	V = 31.0

Behaviour	Measure	Test	Group	Voice characteristics	Values	Statistics
		C	2	slow high-pitched and slow vs low-pitched and rapid	2.0 (1.0 - 2.0)	V = 48.5
		B	1	high-pitched vs low-pitched	0.4 (0.2 - 0.5)	V = 43.0
		C	1	rapid vs slow	0.3 (0.2 - 0.4)	V = 36.5
grunts	frequency	B	2	high-pitched and rapid vs low-pitched and slow	0.2 (0.1 - 0.3)	V = 38.0
		C	2	high-pitched and slow vs low-pitched and rapid	0.2 (0.2 - 0.3)	V = 30.0
Group 3						
	Latency (s)	B	3	angry vs happy	93.5 (49.3 - 177.1)	V = 14.0
		C	3	interrogative vs commanding	52.5 (25.6 - 128.0)	V = 29.0
looks at the loudspeaker	number	B	3	angry vs happy	1.0 (0.0 - 2.0)	V = 27.0
		C	3	interrogative vs commanding	1.5 (0.3 - 2.8)	V = 23.0
	Duration (s)	B	3	angry vs happy	1.1 (0.0 - 3.0)	V = 40.0
		C	3	interrogative vs commanding	1.2 (0.1 - 3.8)	V = 41
	Latency (s)	B	3	angry vs happy	16.5 (10.8 - 26.9)	V = 58.0
		C	3	interrogative vs commanding	20.8 (9.4 - 43.0)	V = 65.0
crossed zones	number	B	3	angry vs happy	6.5 (4.0 - 10.0)	V = 18.5
		C	3	interrogative vs commanding	6.0 (4.0 - 10.8)	V = 18.5
grunts	frequency	B	3	angry vs happy	0.1 (0.1 - 0.2)	V = 55.0
		C	3	interrogative vs commanding	0.2 (0.1 - 0.2)	V = 19.5

476 Piglets entered in both loudspeakers zones as rapidly for each test (for all tests $p > 0.05$) except
 477 when the rapid voice was opposed to the slow voice: piglets were 481% quicker to approach the
 478 rapid voice than the slow voice (Table 6, $p = 0.05$). However, piglets visited as many times each
 479 loudspeaker zone during each test (for all tests $p > 0.05$). They spent similar amount of time
 480 near each type of voice (group 1: high-pitched vs low-pitched voice: $V = 37$, rapid vs slow voice:
 481 $V = 50$; group 2: high-pitched and rapid vs low-pitched and slow voice $V = 74$; Fig 4) except for
 482 the high-pitched and slow voice which they stood by 6% more than the low-pitched and rapid
 483 voice ($V = 86$).



484 **Voice characteristics**

485 **Fig 4. Time spent in the loudspeaker zones according to groups and types of voice**
 486 **broadcast.** Grey boxes indicate tests B and white boxes tests C. Boxes with asterisks
 487 significantly differ with a probability value inferior to 0.05.

488

489

490 Among the piglets which entered the loudspeaker zones, similar numbers of piglets emitted
491 high-pitched vocalisations for both types of voice for each test except for the slow vs rapid voice
492 test (group 1: high-pitched vs low-pitched voice: 6/13 vs 6/13 vocalising piglets, rapid vs slow
493 voice: 0/13 vs 6/12 vocalizing piglets: Fisher exact test $p < 0.01$; group 2: high-pitched and rapid
494 vs low-pitched and slow voice 0/14 vs 0/11 vocalising piglets, high-pitched and slow vs low-
495 pitched and rapid voice: 4/14 vs 0/13 vocalizing piglets; each Fisher exact test $p > 0.05$). None
496 piglet emitted high-pitched vocalisations near both loudspeakers for any test. For each test,
497 piglets grunted as often near each type of voice (for each test $p > 0.05$).

498

499 **3.2.2. Influence of prosodic variations: emotion (happy vs angry voice) and**
500 **intonation (interrogative vs commanding tone of voice)**

501 For both tests, a similar number of piglets looked at each loudspeaker (angry vs happy voice:
502 10/13 vs 8/13 looking piglets, interrogative vs commanding voice: 9/13 vs 10/13 looking
503 piglets; both Fisher exact tests $p > 0.05$). Among them, 5 and 8 piglets looked at both
504 loudspeakers for the angry vs happy voice test and the interrogative vs commanding voice test
505 respectively. No piglets were observed while walking and looking at the loudspeakers and less
506 than four piglets per test investigated the loudspeakers; these numbers were not statistically
507 analysed.

508 Individually, piglets looked at each loudspeaker as rapidly during both tests (table 5, for both
509 tests $p > 0.05$). They gave similar amounts of looks at the loudspeakers and looks lasted for
510 similar durations (for all tests $p > 0.05$).

511 All piglets entered the loudspeakers zones as rapidly for each test (table 5, both tests $p > 0.05$).
512 Piglets visited the loudspeaker zones as often during both tests (both tests $p > 0.05$) and spent
513 similar amount of time near each type of voice (Fig 4, angry vs happy voice: $V = 61$, interrogative
514 vs commanding voice: $V = 41$).

515 Few piglets emitted high-pitched vocalisations (angry vs happy voice: 2/13 vs 3/13 vocalising
516 piglets, interrogative vs commanding voice: 1/13 vs 3/13 vocalising piglets; both Fisher exact
517 tests $p > 0.05$). Among them, two piglets emitted high-pitched vocalisations near the angry and
518 the happy voice and non in the following test. During both tests, piglets grunted as often near
519 each type of voice (for both tests $p > 0.05$, table 4).

520

521 **3.3. Did piglets develop a side bias or get in the test area faster?**

522 For each group (1, 2, 3) and for each test (A_i , B_i and C_i), piglets did not present any laterality bias
523 when entering the test area (number of piglets on the left vs number of piglets on the right:
524 group 1: test A: 7 L vs 6 R, test B: 9 L vs 4 R, test C: 10 L vs 3 R; group 2: test A: 5 L vs 9 R, test B: 8
525 L vs 6 R, test C: 6 L vs 8 R; group 3: test A: 10 L vs 3 R, test B: 5 L vs 8 R, test C: 8 L vs 5 R; all
526 binomial bilateral tests $p > 0.05$).

527

528 **3.4. Is an unfamiliar experimenter made more attractive with the voice broadcast?**

529 We did not found effects of the interactions between factors (zones:type of broadcast $F_1 = 0.92$,
530 type of broadcast:score $F_2 = 0.03$, score:zones $F_2 = 4.57$, each test $p > 0.05$) on time spent in the
531 zones. Piglets spent similar amounts of time in both zones whichever the broadcast and their
532 reactivity score were (zones: $F_1 = 0.26$, type of broadcast: $F_1 = 0.05$, score: $F_2 = 0.01$, each test
533 $p > 0.05$). They spent on average 16.9 ± 1.3 s in each zone. We found no effect of the interaction
534 between the type of broadcast and the reactivity score ($F_2 = 0.05$, $p = 0.98$) on the latency before
535 investigating the test area. Piglets were as rapid with the voice and the background broadcasts
536 whichever the reactivity score was (type of broadcast: $F_1 = 1.23$, score: $F_2 = 1.38$, both tests
537 $p > 0.05$). They took on average 8.7 ± 2.0 before investigating the test area. We found no effect
538 of the interaction between the type of broadcast and the reactivity score ($F_2 = 0.16$, $p = 0.92$) on
539 the time spent investigating the test area. There was no significant difference between both

540 broadcasts ($F_1 = 2.49$, $p = 0.11$) however reactivity scores significantly affected on the time spent
541 investigating the test area ($F_2 = 6.91$, $p = 0.03$). Indeed, piglets with a score 1 spent 43%
542 significantly more time investigating the test area than piglets with a score 0 and 3%
543 significantly more than piglets with a score 2, piglets with a score 2 spent 38% significantly
544 more time investigating the test area than piglets with a score 0 (score 0: 0.80 ± 0.00 ; score 1:
545 3.86 ± 0.00 ; score 2: 4.00 ± 0.00).

546 We found no effect of the interaction between the type of broadcast and the reactivity score
547 ($F_2 = 4.60$, $p = 0.10$) on the number of grunts emitted by piglets. They grunted as much with the
548 voice and the background broadcasts whichever the reactivity score was (type of broadcast:
549 $F_1 = 0.02$, score: $F_2 = 3.16$, both tests $p > 0.05$) on average 13.0 grunts ± 1.8 .

550 We found no effect of the interaction between the type of broadcast and the reactivity score
551 ($F_2 = 4.24$, $p = 0.12$) on the number of looks at experimenter 3. There was no significant
552 difference between both broadcasts ($F_1 = 2.25$, $p = 0.13$) however reactivity scores significantly
553 affected the number of looks at experimenter 3 ($F_2 = 13.45$, $p < 0.01$). Indeed, piglets with a
554 score 0 looked at experimenter 3 53% less than piglets with a score 2, piglets with a score 1
555 being intermediary (score 0: 0.75 ± 0.24 ; score 1: 1.09 ± 0.22 ; score 2: 1.60 ± 0.16). We found no
556 effect of the interaction between the type of broadcast and the reactivity score ($F_2 = 4.88$,
557 $p = 0.09$) on the duration of looks at experimenter 3. Piglets looked as long at the experimenter
558 with the voice and the background broadcasts whichever the reactivity score was (type of
559 broadcast: $F_1 = 0.40$, score: $F_2 = 4.91$, both tests $p > 0.05$) with an average duration of 9.5 s ± 1.4 .

560 The type of broadcast did not significantly affected the number of the piglets investigating
561 experimenter 3 according to scores (Fisher exact test $p = 0.06$). The voice broadcast did not
562 impact the number of investigating piglets according to scores (number of investigating piglets/
563 number of piglets with the same score: score 0: 2/3, score 1: 2/7, score 2: 3/5, Fisher exact test
564 $p = 0.51$) contrary to the background broadcast (Fisher exact test $p = 0.03$). With the background
565 broadcast, piglets with a score 0 were 2000% more numerous to investigate the experimenter

566 than piglets with a score 2, piglets with a score 1 being intermediate (number of investigating
567 piglets/ number of piglets with the same score: score 0: 7/7, score 1: 1/2, score 2: 2/6, Fisher
568 exact tests: score 0 vs score 2 $p = 0.02$, other comparisons $p > 0.05$). Finally, the type of
569 broadcast did not affect piglets' reactivity score which is on average of 1.0 ± 0.2 ($F_2 = 0.29$,
570 $p = 0.59$).

571

572 **4. Discussion**

573 **4.1. Are piglets attracted to the human female voice?**

574 The differences which appeared between groups in the frequency of grunting near the
575 background sound can be explained by the background recordings used for group 3. These
576 recordings were not all the same as the voices were partly common with the recordings used for
577 group 1 and 2. This result emphasizes the necessity to assess the responses of piglets with the
578 same voices and background recordings. However differences also appeared between group 1
579 and 2 in their latency before looking at the loudspeaker broadcasting the background sound.
580 Such discrepancies implies differences in piglets' sensitivities between groups as Seabrook and
581 Bartle (1992) underlined the importance of individual sensitivity of piglets to sensorial signals.
582 These individual sensitivities should be taken into account while working with animals in order
583 to adapt to them.

584 Piglets were able to discriminate the recordings as they reacted differently to the neutral voice
585 and the background sound. Low-pitched vocalizations maintain social contact between groups of
586 conspecifics (Manteuffel *et al.*, 2004): piglets tried to vocally communicate with the potential
587 biological source of the vocal emissions – here a human. This would implicate that piglets, as
588 dolphins (Herman *et al.*, 1999), are able to use interspecific sensorial signals which corresponds
589 to one of their specific sensorial signal function. Herman *et al.* (1999) suggest that dolphins'
590 comprehension of the human distal pointing gestures relies on the same mechanism as when
591 they retrieve the target of another echolocating dolphin. They determine the direction to draw

592 their attention on by the observation of its body position. As piglets vocally communicate with
593 conspecifics, they are sensitive to human vocal emissions. However, piglets did not stay longer in
594 the zone of the loudspeaker broadcasting the neutral voice; piglets were not attracted by the
595 human voice contrary to its particular characteristics.

596

597 **4.2. Are piglets attracted to the characteristics of the human female voice?**

598 Frequencies did not seem to be of major influence in the reactions of piglets in our study which
599 partly contradicts Talling et al. (1996) results. Though no significant differences were found in
600 motor activity in both studies, cardiac activity measures in Talling et al. (1996) indicate that
601 piglets perceived high-pitched sounds more negatively than low-pitched sounds. With similar
602 behaviours relatively to both voice recordings, this was not the case in our study.

603 Piglets seem to avoid the slow rhythm characteristic as one piglet did not enter in the
604 corresponding loudspeaker zone. This avoidance effect was confirmed for the slow rhythm
605 characteristic as piglets took more time to enter in this loudspeaker zone than in the opposite
606 zone. Piglets also emitted high-pitched vocalisations which are related to stressful situations
607 (Fraser, 1975; Tallet *et al.*, 2013). Pigs' short calls are associated to non-aggressive social context
608 (Briefer, 2012) and in situations that are less negatively evaluated by experts (reunion with the
609 sow, after nursing) than longer calls (castration or crushing) (Tallet *et al.*, 2013). These results
610 may be more relevant on a physiological level and would need confirmation with cardiac activity
611 measures or cortisol levels for instance.

612 The combination of characteristics may have added the impact of each of them. Indeed, three
613 animals avoided the loudspeaker zone in the low-pitched and slow voice test. Low frequencies
614 and long calls may be perceived as repulsive as they mimic large sized animals voice
615 characteristics; increasing the perceived sized of the emitting animal (Morton (1977) cited by
616 Briefer (2012)). Increasing the tempo of the broadcast extended the pronunciation of the words
617 which could be interpreted as longer sounds. Subjects were young piglets which may have felt

618 more repulsion because of the potential threat the broadcast represented. Comparing the
 619 piglets' response according to their hierarchical status would be an interesting lead to test this
 620 hypothesis.

621 The additive effect of the combination of signals could also explain why only one piglet avoided
 622 the loudspeaker zone with the rapid and low-pitched voice broadcast contrary to the low-
 623 pitched and slow combination (three piglets avoided the loudspeaker zone). Opposing an
 624 attractive to a repulsive characteristic may have counterbalanced each other respective effect.
 625 This could also explain why piglets stayed longer near the high-pitched and slow voice. Indeed,
 626 high-pitched calls can be associated to non-aggressive, appeasing or positive situations (Briefer,
 627 2012; Tallet *et al.*, 2013). Mixing pleasant and unpleasant handling treatments - strokes and
 628 electric shocks - increased the fear of human in comparison with piglets only stroked
 629 (Hemsworth *et al.*, 1987a). However, piglets only submitted to the unpleasant treatment -
 630 electric shocks - reacted similarly to those in the mixed treatment maybe revealing a misbalance
 631 between the valences of each treatment. Determining the valence of each vocal characteristic,
 632 alone and in combination, for instance the different characteristics broadcast in the same testing
 633 room could help determine their individual valence and their mutual influence.

634 The contrasted responses we observed with the high-pitched and slow voice broadcast -
 635 including high-pitched vocalisations and longer durations near the loudspeaker - could have
 636 been caused by the artificiality of the combinations. Mathematically, an increase in the sound
 637 frequencies is accompanied by a shortening of the period of the wave sound of the recording
 638 (Pallone, 2003). Thus, the same modifications of frequencies and tempo of our sound broadcasts
 639 made them unnatural which may have disturbed the piglets. Another explanation to the
 640 observed variability would be that piglets did not all react to the same acoustic elements of the
 641 recordings as their sensitivity to human sensorial signals varies among individuals (Seabrook
 642 and Bartle, 1992). Using voices naturally contrasted may better help determining the effects of
 643 the voices characteristics on piglets.

644 Our results on similar reactions of piglets and attraction scores towards the recordings of
645 opposed emotions agrees with the findings of Hemsworth et al. (1986) who also used
646 standardised voice recordings. Yet, these results might have been influenced by the necessary
647 standardisation of the recordings preventing piglets from clearly recognising each emotion. Our
648 results in the intonation test are not in line with the observations made by Seabrook and Bartle
649 (1992) in dairy farms units. As emotions are not only verbally expressed (Juslin and Laukka,
650 2003) intonations participates in the farmers' expression. The latter is indicative of their
651 personality traits which participates in their behaviour toward animals (Seabrook and Bartle,
652 1992; Hemsworth and Coleman, 2011a). Testing animals in a choice test situation implying
653 verbal and non-verbal expression as done with emotions in dogs (Buttelmann and Tomasello,
654 2013) could supply more information to the animals.

655 The attraction for the neutral voice did not influenced piglets' attraction for the frequencies
656 whatever the rhythm was, confirming the absence of attraction for one of the frequencies.
657 Concerning the rhythm, whatever the frequency was, the attraction score reveals two categories
658 of piglets. The first one would correspond to the piglets attracted by the neutral voice which did
659 not express a particular attraction for a rhythm. Those piglets could be considered as more
660 generalists in their sensitivity. The second one would reveal a preference for the slow rhythm:
661 these piglets could be considered as more specialists. Their absence of attraction for the neutral
662 voice could be explained by the absence of perception of the slow rhythm in these recordings.
663 Specialized sensitivity might exists as specialization exists in collective tasks among mammals
664 (mice (*Mus spicilegus*: (Hurtado et al., 2013)), dolphins (*Tursiops truncatus*: (Gazda et al.,
665 2005))). In view of the divergent effects of the combination of signals the attraction scores could
666 be calculated for each group separately. In consequences, results should be taken with
667 precautions and further analyses are necessary to confirm these hypothesis.

668

669

670 4.3. Is an unfamiliar experimenter made more attractive with the voice broadcast?

671 The voice did not make the experimenter more attractive or repulsive with the voice broadcast.
672 Piglets might have not focused their attention on the type of broadcast because they associated
673 the recording broadcasts to a particular situation (Kirchner *et al.*, 2012): the absence of potential
674 danger during their preceding tests. The recordings were previously broadcast without the
675 presence of experimenter 3 which may also have contributed to their absence of focus on the
676 auditory component of the testing situation.

677 Piglets reacted to the unknown experimenter's presence as she represented a potential danger
678 (Estep and Hetts, 1992). The reactivity scores being mainly built on the expression of fear, the
679 significant effects we found correspond to the expression of fear in presence of human
680 (Hemsworth and Coleman, 2011b). The least fearful piglets looked less at experimenter 3 and
681 explored less the test area while they investigated the most experimenter 3 with the background
682 broadcast contrary to the most fearful animals (score 2). The voice broadcast was not enough
683 reassuring for piglets to express less fearful behaviours. This was already the case with music or
684 conspecifics vocalisations broadcast in a restraint situation (simulation of castration (Cloutier *et*
685 *al.*, 2000)). The familiarity of the experimenter played an important role in this stressful
686 situation (Hemsworth, 2003) as in dogs (Topal *et al.*, 1998) or cattle (Grandin, 1989). Mainly
687 determined by visual cues in pigs (Koba and Tanida, 1999; 2001) it might be more important
688 than the auditory context.

689

690 5. Conclusion

691

692 Piglets demonstrated their sensitivity to the human voice though the latter did not seem
693 attractive for them in the choice tests. Piglets did not show preferences for high or low
694 frequencies and entered quicker in the loudspeaker zone broadcasting the rapid voice. Piglets

695 more attracted by the neutral voice were as much attracted by each of its characteristics we
696 submitted them to. However, piglets less attracted by the neutral voice might be more sensitive
697 to particular characteristics such as the slow rhythm which they did not found in the neutral
698 recordings. Piglets' responses to combinations of characteristics were more contrasted,
699 suggesting that piglets reacted to both characteristics involved in the combinations. Piglets
700 stayed longer near the high-pitched and slow voice than near the low-pitched and rapid voice.
701 Though these combinations were artificial, the high-pitched and slow voice revealed more
702 attractive for piglets. Piglets reacted similarly to the different emotions and intonations. The
703 voice in itself might not transmit enough elements for piglets to discriminate those emotions and
704 intonations. The non-verbal communication could be necessary for piglets to discriminate our
705 vocal emissions.

706 Finally, the voice recordings did not make an unfamiliar experimenter more attractive for them.
707 The familiarity of the experimenter seems to be more important than the broadcast of an
708 attractive voice to overtake the individual fear reactions of piglets. Nevertheless, we showed that
709 piglets are sensitive to the human voice; its effects might necessitate a longer period of exposure.
710 The human voice may prove to be an asset in the development of the animal-human
711 relationship.

712

713 **6. Acknowledgment and additional information**

714 The authors would like to thank Michel Lefebvre for building the apparatus. We would like to
715 acknowledge the piggery staff involved in the work, as well as Carole Guérin.

716 This work received a grant funding for student from the INRA institute and the Brittany regional
717 council n°30000937 SB and a grant from the INRA institute "Crédits incitatifs". The funders had
718 no role in study design, data collection and analysis, decision to publish, or preparation of the
719 manuscript.

720 **7. References**

721

- 722 Appleby, M.C., Hughes, B.O., 1993. The future of applied ethology. *Applied Animal Behaviour*
723 *Science* 35, 389-395.
- 724 Assmann, P.F., Dembling, S., Nearey, T.M., 2006. Effects of frequency shifts on perceived
725 naturalness and gender information in speech, *International Conference on Spoken Language*
726 *Processing (INTERSPEECH)*, Pittsburgh, Pennsylvania.
- 727 Barnett, J.L., Hemsworth, P.H., Hennessy, D.P., McCallum, T.H., Newman, E.A., 1994. The effects of
728 modifying the amount of human contact on behavioural, physiological and production responses
729 of laying hens. *Applied Animal Behaviour Science* 41, 87-100.
- 730 Bates, D., Maechler, M., Bolker, B., Walker, S., 2014. lme4: Linear mixed-effects models using
731 Eigen and S4, R package.
- 732 Briefer, E.F., 2012. Vocal expression of emotions in mammals: mechanisms of production and
733 evidence. *Journal of Zoology* 288, 1-20.
- 734 Broadfoot, J., 1970. pig (Sus) a misunderstood animal. *Inst Anim Tech J*.
- 735 Buttelmann, D., Tomasello, M., 2013. Can domestic dogs (*Canis familiaris*) use referential
736 emotional expressions to locate hidden food? *Anim Cogn* 16, 137-145.
- 737 Cloutier, S., Weary, D.M., Fraser, D., 2000. Can Ambient Sound Reduce Distress in Piglets During
738 Weaning and Restraint? *Journal of Applied Animal Welfare Science* 3, 107-116.
- 739 Collin, S., Bensoussan, S., Courboulay, V., Kling-Eveillard, F., Meunier-Salaün, M.C., Tallet, C., 2016.
740 Enquête sur les pratiques de communication des éleveurs de porcs avec leurs animaux, *Journées*
741 *de la recherche porcine*, Institut de la Filière Porcine, Paris.
- 742 Estep, D.Q., Hetts, S., 1992. Interactions, relationships, and bonds : the conceptual basis for
743 scientist–animal relations, in: Davis, H., Balfour, D.A. (Eds.), *The Inevitable Bond: Examining*
744 *Scientist–Animal Interactions*, Cambridge University Press, pp. 6-26.
- 745 Fraser, D., 1975. Vocalizations of isolated piglets. II. Some environmental factors. *Applied Animal*
746 *Ethology* 2, 19-24.
- 747 Gazda, S.K., Connor, R.C., Edgar, R.K., Cox, F., 2005. A division of labour with role specialization in
748 group-hunting bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*) off Cedar Key, Florida. *Proceedings of*
749 *the Royal Society B: Biological Sciences* 272, 135-140.
- 750 Grandin, T., 1989. Behavioral principles of livestock handling.
- 751 Graves, H.B., 1984. Behavior and Ecology of Wild and Feral Swine (*Sus Scrofa*). *Journal of Animal*
752 *Science* 58, 482-492.
- 753 Heffner, R.S., Heffner, H.E., 1990. Hearing in domestic pigs (*Sus scrofa*) and goats (*Capra hircus*).
754 *Hearing Research* 48, 231-240.
- 755 Hemsworth, P.H., 2003. Human–animal interactions in livestock production. *Applied Animal*
756 *Behaviour Science* 81, 185-198.
- 757 Hemsworth, P.H., Barnett, J.L., Hansen, C., 1987a. The influence of inconsistent handling by
758 humans on the behaviour, growth and corticosteroids of young pigs. *Applied Animal Behaviour*
759 *Science* 17, 245-252.
- 760 Hemsworth, P.H., Boivin, X., 2011. Human contact, in: Appleby, M.C., Mench, J.A., Olsson, I.A.S.,
761 Hughes, B.O. (Eds.), *Animal Welfare*, C.A.B. International, pp. 246-262.
- 762 Hemsworth, P.H., Brand, A., Willems, P., 1981. The behavioural response of sows to the presence
763 of human beings and its relation to productivity. *Livestock Production Science* 8, 67-74.
- 764 Hemsworth, P.H., Coleman, G.J., 2011a. Attitudes of Stockpeople, *Human-livestock interactions:*
765 *The stockperson and the productivity of intensively farmed animals*, CABI, pp. 84-102.
- 766 Hemsworth, P.H., Coleman, G.J., 2011b. Human-animal interactions and animal productivity and
767 welfare, *Human-livestock interactions: The stockperson and the productivity of intensively*
768 *farmed animals*, CABI, pp. 47-83.

- 769 Hemsworth, P.H., Gonyou, H.W., Dziuk, P.J., 1986. Human-communication with pigs - the
770 behavioral response of pigs to specific human signals. *Applied Animal Behaviour Science* 15, 45-
771 54.
- 772 Hemsworth, P.H., Hansen, C., Barnett, J.L., 1987b. The effects of human presence at the time of
773 calving of primiparous cows on their subsequent behavioural response to milking. *Applied*
774 *Animal Behaviour Science* 18, 247-255.
- 775 Hemsworth, P.H., Price, E.O., Borgwardt, R., 1996. Behavioural responses of domestic pigs and
776 cattle to humans and novel stimuli. *Applied Animal Behaviour Science* 50, 43-56.
- 777 Herman, L.M., Abichandani, S.L., Elhadj, A.N., Herman, E.Y.K., Sanchez, J.L., Pack, A.A., 1999.
778 Dolphins (*Tursiops truncatus*) comprehend the referential character of the human pointing
779 gesture. *J Comp Psychol* 113, 347-364.
- 780 Hinde, R.A., 1976. Describing relationships. *J. Child Psychol. Psychiatry Allied Discip.* 17, 1-19.
- 781 Hurtado, M.J., Fénéron, R., Gouat, P., 2013. Specialization in building tasks in the mound-building
782 mouse, *Mus spicilegus*. *Animal Behaviour* 85, 1153-1160.
- 783 Ivarsdotter, A., 2002. And the cattle follow her, for they know her voice... On communication
784 between women and cattle in Scandinavian pastures, In: Rome), B.S.F.t.S.i.i. (Ed.), *PECUS. Man*
785 *and Animal in Antiquity*, Swedish Institute in Rome, pp. 146-149.
- 786 Jones, B.R., 1993. Reduction of the domestic chick's fear of human beings by regular handling
787 and related treatments. *Animal Behaviour* 46, 991-998.
- 788 Juslin, P.N., Laukka, P., 2003. Communication of emotions in vocal expression and music
789 performance: Different channels, same code? *Psychol. Bull.* 129, 770-814.
- 790 Kirchner, J., Manteuffel, G., Schrader, L., 2012. Individual calling to the feeding station can reduce
791 agonistic interactions and lesions in group housed sows. *J Anim Sci* 90, 5013-5020.
- 792 Koba, Y., Tanida, H., 1999. How do miniature pigs discriminate between people? The effect of
793 exchanging cues between a non-handler and their familiar handler on discrimination. *Applied*
794 *Animal Behaviour Science* 61, 239-252.
- 795 Koba, Y., Tanida, H., 2001. How do miniature pigs discriminate between people? Discrimination
796 between people wearing coveralls of the same colour. *Applied Animal Behaviour Science* 73, 45-
797 58.
- 798 Kostarczyk, E., 1992. The use of dog-human interaction as a reward in instrumental
799 conditioning and its impact on dog's cardiac regulation, in: Davis, H., Balfour, D.A. (Eds.), *The*
800 *inevitable bond. Examining scientis-animal interactions*, Cambridge University Press, pp. 109-
801 131.
- 802 Le Neindre, P., Boivin, X., Boissy, A., 1996. Handling of extensively kept animals. *Applied Animal*
803 *Behaviour Science* 49, 73-81.
- 804 Lenth, R., 2015. lsmeans: Least-Squares Means.
- 805 Lynch, J.J., Fregin, G.F., Mackie, J.B., Monroe, R.R., Jr., 1974. Heart rate changes in the horse to
806 human contact. *Psychophysiology* 11, 472-478.
- 807 Manteuffel, G., Puppe, B., Schön, P.C., 2004. Vocalization of farm animals as a measure of welfare.
808 *Applied Animal Behaviour Science* 88, 163-182.
- 809 Markowitz, T.M., Dally, M.R., Gursky, K., Price, E.O., 1998. Early handling increases lamb affinity
810 for humans. *Animal Behaviour* 55, 573-587.
- 811 Miura, A., Tanida, H., Tanaka, T., Yoshimoto, T., 1996. The influence of human posture and
812 movement on the approach and escape behaviour of weanling pigs. *Applied Animal Behaviour*
813 *Science* 49, 247-256.
- 814 Pajor, E.A., Rushen, J., de Passillé, A.M.B., 2000. Aversion learning techniques to evaluate dairy
815 cattle handling practices. *Applied Animal Behaviour Science* 69, 89-102.
- 816 Pallone, G., 2003. Dilatation et transposition sous contraintes perceptives des signaux audio,
817 Acoustique, traitement du signal et informatique appliqués à la musique, Université de la
818 Méditerranée - Aix-Marseille II, pp. 21-25.
- 819 R Core Team, 2014. R: A language and environment for statistical computing, R Foundation for
820 Statistical Computing, Vienna, Austria.

- 821 Richard, J.-P., 1991. Sound Analysis and Synthesis Using an Amiga Micro-Computer. *Bioacoustics*
 822 3, 45-60.
- 823 Saito, A., Shinozuka, K., 2013. Vocal recognition of owners by domestic cats (*Felis catus*). *Anim*
 824 *Cogn* 16, 685-690.
- 825 Seabrook, M.F., Bartle, N.C., 1992. Human Factors, in: Phillips, C.J.C., Piggins, D. (Eds.), *Farm*
 826 *Animals and the Environnement*, CAB International, Cambridge, pp. 111-125.
- 827 Signoret, J.P., Baldwin, B.A., Fraser, D., Hafez, E.S.E., 1975. The Behaviour of Swine, in: Hafez,
 828 E.S.E. (Ed.), *The behaviour of domestic animals*, Baillière Tindall, Londres, pp. 295-329.
- 829 Tallet, C., Linhart, P., Policht, R., Hammerschmidt, K., Simecek, P., Kratinova, P., Spinka, M., 2013.
 830 Encoding of Situations in the Vocal Repertoire of Piglets (*Sus scrofa*): A Comparison of Discrete
 831 and Graded Classifications. *PLoS ONE* 8.
- 832 Talling, J.C., Waran, N.K., Wathes, C.M., Lines, J.A., 1996. Behavioural and physiological responses
 833 of pigs to sound. *Applied Animal Behaviour Science* 48, 187-201.
- 834 Tanida, H., Miura, A., Tanaka, T., Yoshimoto, T., 1994. The role of handling in communication
 835 between humans and weanling pigs. *Applied Animal Behaviour Science* 40, 219-228.
- 836 Titze, I.R., 2000. Voice classification and life-span changes, *Principles of Voice Production*,
 837 National Center for Voice and Speech, Iowa City, pp. 185-210.
- 838 Topal, J., Miklosi, A., Csanyi, V., Doka, A., 1998. Attachment behavior in dogs (*Canis familiaris*): A
 839 new application of Ainsworth's (1969) Strange Situation Test. *J Comp Psychol* 112, 219-229.
- 840 Waynert, D.F., Stookey, J.M., Schwartzkopf-Genswein, K.S., Watts, J.M., Waltz, C.S., 1999. The
 841 response of beef cattle to noise during handling. *Applied Animal Behaviour Science* 62, 27-42.
- 842 Woolpy, J.H., Ginsburg, B.E., 1967. Wolf socialization: a study of temperament in a wild social
 843 species. *American Zoologist* 7, 357-363.

844

CHAPITRE II - UTILISATION DE LA VOIX FEMININE DANS L'ETABLISSEMENT DE LA RELATION HOMME-ANIMAL

INTRODUCTION

Les porcs possèdent un large répertoire vocal, abondamment utilisé dans leurs relations intraspécifiques. Ce sont des animaux sociaux, capables de nouer des relations avec l'homme, et qui pourraient répondre à la voix de l'homme. Bien que leurs capacités auditives couvrent la plage de productions vocales de l'homme, peu d'études se sont penchées sur la question de l'utilisation des signaux vocaux humains dans la relation homme-animal. La question est donc de savoir si utiliser un signal vocal, auquel les animaux seraient sensibles (une voix féminine aigüe parlant lentement), au moment de l'établissement de la relation homme-animal rendrait l'homme plus attirant et/ou accélérerait l'établissement de cette relation.

MATERIEL ET METHODE

Nous avons travaillé avec 90 femelles sevrées, au cours de deux répétitions (2 x 45 porcelets), réparties dans trois traitements (Figure 15) :

- **PHV** : les animaux ont été exposés 5 mn par jour pendant trois semaines (5 j/ semaine : 15 sessions) à la présence de l'expérimentatrice et à la diffusion d'une voix aigüe parlant lentement,
- **PH** : les animaux ont été exposés 5 mn par jour pendant trois semaines (5 j/ semaine : 15 sessions) à la présence de l'expérimentatrice et à la diffusion du bruit de fond de l'enregistrement,
- **CTRL** : les animaux ont reçu les soins minimum à leur maintien en élevage, sans présence humaine supplémentaire.

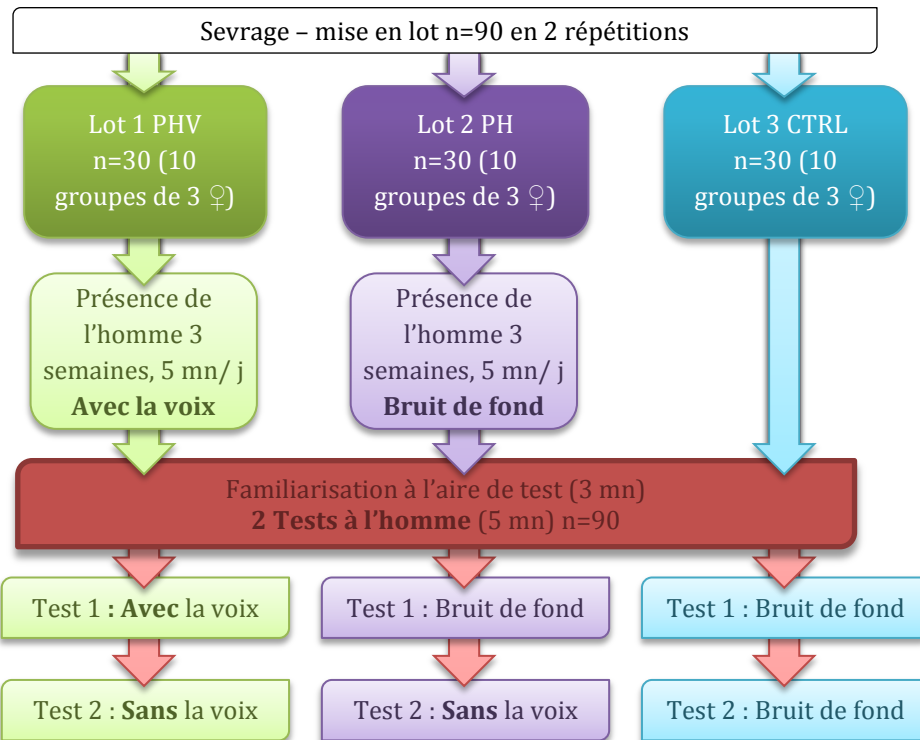


Figure 15: Schéma expérimental de l'étude sur l'utilisation de la voix féminine dans l'établissement de la relation homme-animal

Les porcelets ont été ensuite testés deux fois dans une aire de test de 9 m² (3 x 3 m) en présence de l'expérimentatrice pendant 5 mn, après une période de familiarisation de 3 mn (Figure 15). Au cours du premier test (test 1), la voix était diffusée pour les animaux du lot PHV et le bruit de fond de l'enregistrement pour les autres animaux. Tous les animaux ont ensuite été testés une seconde fois, avec la diffusion du bruit de fond de l'enregistrement.

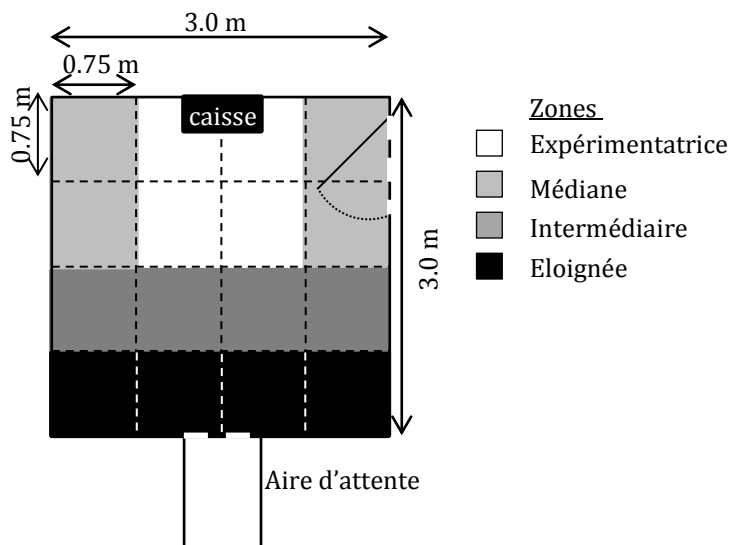


Figure 16: Schéma des différentes zones de l'aire de test à l'homme

RESULTATS

Pendant l'application des traitements, l'effet majeur concerne les sessions de traitement, les comportements des porcelets évoluant au cours du traitement. Les animaux ont passé de moins en moins de temps à regarder l'expérimentatrice (de la session 1 : 27.8 s (11.7 – 33.6) à la session 10 : 0.0 s (0.0 – 0.0) et de plus en plus de temps à l'investiguer (de la session 1 : 162.0 s (29.8 – 212.9) s) à la session 7 : 227.8 s (214.0 – 247.3) s) et ce, de plus en plus rapidement (de la session 1 : 106.3 s (38.6 – 212.4) à la session 4 : 1.7 s (0.6 – 10.9) s, effet session $p < 0.05$). Les deux traitements (PHV et PH) n'ont pas différencié (effet traitement $p > 0.05$) à l'exception la première session où les porcelets du lot PHV ont été moins nombreux à investiguer l'expérimentatrice (PHV : 2.0 (0.0 – 2.8) ; PH : 3.0 (2.0 – 3.0), interaction traitement*session $p < 0.001$).

Au cours du test 1, les animaux des lots PHV et PH ont passé moins de temps à regarder l'expérimentatrice (17.1 ± 0.9 s et 22.6 ± 1.5 s respectivement) que les animaux du lot CTRL (46.5 ± 3.3 s, $p < 0.05$). Ils ont également investigué plus vite l'expérimentatrice (PHV : 50.9 ± 3.0 s ; PH : 44.7 ± 2.6 s vs CTRL : 170.7 ± 3.5 s, $p < 0.05$). Au cours du test 2, contrairement aux autres porcelets, les porcelets du lot PHV sont, en proportions, restés plus longtemps vers l'expérimentatrice que dans la zone la plus éloignée (PHV : zone expérimentatrice : $37.0 \pm 0.8\%$ du temps b, zone éloignée : $34.6 \pm 0.7\%$ a ; PH : zone expérimentatrice : $29.5 \pm 0.7\%$ b, zone éloignée : $33.8 \pm 0.6\%$ a ; CTRL : zone expérimentatrice : $25.9 \pm 0.7\%$ a, zone éloignée : $48.3 \pm 0.7\%$ b). Les porcelets PHV sont également ceux qui en proportions sont restés le plus longtemps à proximité de l'expérimentatrice (PHV : $37.0 \pm 0.8\%$ c vs PH : $29.5 \pm 0.7\%$ b et CTRL : $25.9 \pm 0.7\%$ a, $p < 0.05$). Ils ont mis autant de temps que les animaux CTRL avant de se déplacer (PH : 18.5 ± 0.8 a, PHV : 38.6 ± 2.2 s b, CTRL : 59.0 ± 2.8 s b, $p < 0.05$).

DISCUSSION

Les deux traitements impliquant la présence de l'expérimentatrice dans les loges d'élevage (PHV et PH) semblent avoir été perçus positivement par les animaux : par une diminution des comportements de peur et une augmentation des comportements d'affinité envers l'expérimentatrice. La voix n'a pas rendu l'expérimentatrice plus attractive et a entraîné une réaction de néophobie de la part des porcelets dans les loges. La présence de l'expérimentatrice pourrait être attractive en soi dans la loge d'élevage bien qu'un conflit d'intérêt puisse exister dans l'aire de test entre l'exploration et l'investigation de l'expérimentatrice.

L'application répétée des traitements a réduit la peur de l'expérimentatrice lors des deux tests (test 1 et test 2), comme chez les poussins, mais n'a pas rendu l'expérimentatrice plus attirante comme pourrait le faire le fait de caresser les animaux. Lors du test 2, les animaux exposés à la diffusion de la voix aigüe et lente ont montré des signes de perturbation en son absence. La voix pourrait ainsi participer à la reconnaissance de l'expérimentatrice.

A RETENIR :

Exposer les animaux à la présence répétée de l'homme (en parlant ou non) permet de développer une affinité pour l'homme dans les loges d'élevage et de diminuer la peur des animaux dans les loges et dans l'aire de test. Toutefois, la voix n'a pas rendu l'homme plus attirant ni dans les loges d'élevage ni dans l'aire de test. La voix semble un stimulus neutre à positif qui pourrait participer à la reconnaissance de l'expérimentatrice.

1 **Importance of human presence and voice in the development of relationships between**
2 **humans and piglets (*Sus Scrofa domestica*)**

3 Sandy Bensoussan¹, Raphaëlle Tigeot¹, Marie-Christine Meunier-Salaün¹, Céline Tallet^{1*}

4

5 ¹PEGASE, Agrocampus Ouest, INRA, 35590 Saint-Gilles, France

6

7 *Corresponding author

8 Celine.Tallet-Saighi@inra.fr

9

10 *En préparation pour la revue Applied Animal Behaviour Science*

11

12 Abstract

13 Pigs (*Sus Scrofa domestica*) use auditory signals in their intraspecific relationships and are able
14 to create relationships with humans. Though human vocal productions fit in their hearing
15 sensitivity few studies were held on the use of human vocal signals in the development of pig-
16 human relationship. We studied the behaviour of 90 weaned female piglets, allocated to three
17 treatments: experimenter's presence 5 min/ day in the pen during three weeks with the
18 broadcast of a female voice (HPV treatment) or with background noise (HP treatment), and a
19 control treatment (CTRL) with piglets receiving only routine husbandry care. Both treatments
20 involving the experimenter's presence seemed to be perceived as positive interactions for
21 piglets and evolved towards active and quick interactions with human. Piglets were tested in a
22 3x3 m test area in the presence of the experimenter for 5 min, after a 3 min familiarization
23 period to the test area. In a first test (test 1), a voice was broadcast for HPV treatment and
24 background noise for the other two treatments, and only background noise in a second test (test
25 2). Time spent looking at the experimenter in test 1 was lower in HPV and HP piglets (17.1 ± 0.9 s
26 and 22.6 ± 1.5 s respectively) than in CTRL piglets (46.5 ± 3.3 s, $p < 0.05$). They also investigated
27 the experimenter earlier (HPV: 50.9 ± 3.0 s; HP: 44.7 ± 2.6 s vs CTRL: 170.7 ± 3.5 s, $p < 0.05$). In
28 test 2, HPV piglets stayed longer in the experimenter area than HP and CTRL piglets
29 ($37.0 \pm 0.8\%$ vs HP: $29.5 \pm 0.7\%$ and CTRL: $25.9 \pm 0.7\%$, $p < 0.05$) and took more time before
30 their first move (38.6 ± 2.2 s vs HP: 18.5 ± 0.8 and CTRL: 59.0 ± 2.8 s, $p < 0.05$). Previous
31 treatment reduced animals' fear of the experimenter in the test area during both tests. Piglets
32 showed signs of disturbance when deprived of voice broadcasting, highlighting the impact of the
33 voice in the interactions between humans and pigs.

34

35 Keywords

36 human-animal relationship, voice, presence, pig, handling

37 Introduction

38 The human-animal relationship is a dynamic process that develops from the interactions (i. e.
39 the exchange of behaviours) between humans and animals (Hinde, 1976; Estep and Hetts, 1992;
40 Hausberger *et al.*, 2008). Each partner having expectations on the behaviour of the other, the
41 successive interactions bring more knowledge about how the other will react, giving hints on the
42 outcome of the present interaction or what the next encounter will induce (Hinde, 1976;
43 Hemsworth and Coleman, 2011c). Animals are able to give a valence (pleasant, neutral or
44 unpleasant) to these interactions which influences on short and long-term terms their
45 relationship with humans (Waiblinger *et al.*, 2006; Hausberger *et al.*, 2008; Hemsworth and
46 Coleman, 2011b). Studies carried out on farm animals reported a correlation between an
47 increase in animals' fear reactions and the impoverishment of animal welfare (decrease in the
48 health status or chronic stress in pigs and poultry (Hemsworth and Coleman, 2011a; b)), ease of
49 handling in pigs (Seabrook and Bartle, 1992) and cows (Rushen *et al.*, 1999b), and productivity
50 (increased milk retention and decreased milk yield (Rushen *et al.*, 1999a), decreased growth in
51 calves (Lensink *et al.*, 2000) and pigs (Hemsworth and Coleman, 2011b)). Increased fear
52 reactions such as defensive reactions or attempts to flee also increase the risk of injury for both
53 the animal and the farmer (Boivin *et al.*, 2003; Jones and Boissy, 2011), affecting the latter's job
54 satisfaction and working conditions (Boivin *et al.*, 2003; Hemsworth and Coleman, 2011b). On
55 the contrary, gentle handling (talking softly, slowly moving, stroking animals) affected positively
56 their emotional state (with a positive cognitive bias (Brajon *et al.*, 2015b)), decreased their fear
57 reactions and was linked to an increase in hens' productivity (Barnett *et al.*, 1994) or calves'
58 meat quality (Lensink *et al.*, 2001). Thus, understanding the consequences of interactions
59 between animals and humans participates in understanding human-animal relationships,
60 improving animal welfare and promoting livestock sustainability.

61 Interactions between two individuals call to their senses and thus numerous studies were done
62 to assess domestic animals' response to sensorial interactions with humans. On one hand tactile

63 interactions were well documented. Negative interactions such as slapping, hits with a tool,
64 electric shock with a battery prod increased fearful reactions such as the latency to approach
65 and the time spent near the experimenter or interacting with him (heifers (Breuer *et al.*, 2003),
66 cows (Rushen *et al.*, 1999a), pigs (Hemsworth and Barnett, 1991). On the contrary, gentle tactile
67 interactions such as brushing, stroking, scratching or petting animals increased approaches,
68 interactions and time spent with humans in lambs (Markowitz *et al.*, 1998), poultry (Jones,
69 1993), cattle (Hemsworth *et al.*, 1996a) and pigs (Tallet *et al.*, 2014). Calming effects of strokes
70 or brushing by humans were observed through relax body posture in horses (Lynch *et al.*, 1974),
71 decreased locomotor activity in rats (Uvnäs-Moberg *et al.*, 1996) or slowing of heart rates in
72 horses (Lynch *et al.*, 1974), lambs (Coulon *et al.*, 2015), cows (Schmied *et al.*, 2008b) and dogs
73 (Kostarczyk, 1992), however not in pigs (Tallet *et al.*, 2014). The use of food in decreasing the
74 fear of human is discussed as it has been found to work as a positive reinforcement in calves
75 (Jago *et al.*, 1999), horse (Sankey *et al.*, 2010) and pigs (Hemsworth *et al.*, 1996b) while holding
76 and stroking lambs (Tallet *et al.*, 2005), stroking and scratching pigs (Tallet *et al.*, 2014) are
77 sufficient to develop an affinity response in a test area.

78 On the other hand, fewer studies were done on the effects of human presence, which includes
79 visual, olfactory and passive tactile interactions. The avoidance response of wolves (Woolpy and
80 Ginsburg, 1967) and chickens (Jones, 1993) decreases as approaching behaviours increase after
81 a repeated exposure to a motionless experimenter sitting in their pen or standing in front of
82 their cage. Slowly moving in the pen of animals, approaching the hand also reduces fear
83 reactions of cows (Hemsworth *et al.*, 1987) and laying hens (Barnett *et al.*, 1994). Moreover,
84 though gently speaking is often cited in treatments including gentle handling of animals (calves:
85 (Lensink *et al.*, 2000b), chicks: (Jones, 1993), pigs: (Brajon *et al.*, 2015b)) its effects were not
86 studied *per se*, to our knowledge.

87 Pigs are social animals, developing relationships with conspecifics and able to develop
88 relationships with humans too (Graves, 1984). Positive and negative interactions can have a long

89 term effect on human-pig relationship (Hemsworth, 2003). Pigs are sensitive to human postures
90 and approaching behaviours (Hemsworth *et al.*, 1986; Miura *et al.*, 1996; Brajon *et al.*, 2015a),
91 being less frightened of a squatting experimenter than a standing one, avoiding an experimenter
92 trying to catch them or an approaching one. Contrary to negative regular contacts (hit, slap,
93 battery-operated shock), positive regular contacts such as strokes, brushing, scratching reduce
94 pigs' fear of human (for a revue (Hemsworth and Barnett, 1987)). However, the positive valence
95 of stroking or scratching for piglets has not been demonstrated (Tallet *et al.*, 2014; Brajon *et al.*,
96 2015a). Although it is often argued that gentle tactile interactions could simulate positive
97 intraspecific interactions such as social grooming in cattle (Schmied *et al.*, 2008a; Schmied *et al.*,
98 2008b) and/or maternal care in lambs (Tallet *et al.*, 2009) and horses (Feh and de Mazières,
99 1993; McBride *et al.*, 2004), tactile contacts are not of major use between the dam and its
100 offspring or between siblings, except for resting. Piglets might be more sensitive to auditory
101 interactions but their effects on the human-animal relationship are still an open question.

102 Pigs' social behaviours rely mainly on auditory exchanges of information and to a lesser extent
103 on visual and tactile information (Signoret *et al.*, 1975). Their hearing sense is well developed
104 (42 Hz to 40.5 kHz (Heffner and Heffner, 1990)) and human vocal productions (40 Hz to
105 1.5 kHz) fit in their auditory spectrum. According to Broadfoot (1970) and Seabrook and Bartle
106 (Seabrook and Bartle, 1992), pigs are sensitive to vocal interactions which is confirmed on farm
107 by experienced handlers who suggest that pigs respond to human voice and their variations
108 (Collin *et al.*, 2016). Piglets are able to discriminate two handlers on visual, auditory and
109 olfactory cues and some of them can do so with only auditory and olfactory cues (Tanida and
110 Nagano, 1998). Piglets are also able to learn to use a combination of referential signals, a
111 pointing gesture and a voice broadcast by a loudspeaker in the direction of a reward, to find this
112 reward in a choice test. Although piglets seem to be sensitive to vocal cues and signals, but their
113 effects on the development of the human-animal relationship were not studied. As talking to
114 piglets is confounded with mere human presence, piglets need to be exposed to the human

115 presence to determine the effect of the human voice *per se*. If the voice is an attractive signal, the
116 experimenter could be more attractive in the home pen and/or the human-animal relationship
117 could develop faster than with the passive presence of the experimenter. The latter is known to
118 be attractive to piglets in the home environment (Brajon *et al.*, 2015a); however its
119 attractiveness in a novel environment, after a repeated exposure to such a treatment, has not yet
120 been observed. A test situation in a novel environment can be stressful and frightening to piglets
121 (Waiblinger *et al.*, 2006). We assume that piglets exposed to the passive human presence would
122 be less afraid of this test situation, show less avoidance of the experimenter than piglets
123 receiving minimal human contact, but be less attracted to the experimenter than piglets exposed
124 to the passive human presence with the voice broadcast. We suggest that piglets exposed to the
125 passive human presence with the voice broadcast would be less attracted by the experimenter in
126 a second test, without the voice broadcast in the test area.

127

128 Material and methods

129 The design of the experiment was approved on May, 26 2015 by the local ethic committee
130 (Comité Rennais d'éthique en expérimentation animale, number 2015032709553906).

131 Animals and rearing conditions

132 We studied 90 female piglets (*Sus scrofa domesticus*), in two replicates of 45 pigs. Piglets were
133 born at the experimental unit of Saint-Gilles (INRA UMR1348 PEGASE, France) from Large White
134 x Landrace sows inseminated with Pietrain semen. Piglets were weaned at 28 ± 2 days of age
135 and transferred to the post-weaning pens. Animals were equipped with an ear tag in order to
136 identify them for the behavioural tests. They were housed in group of three siblings in
137 1.30 x 1.20m pen on slatted floor, equipped with a chain as enrichment material, a feeder
138 (0.6 x 0.2 m) and a drinking bowl. They were fed with a standard commercial pelleted weaning
139 feed and had ad libitum access to food and water. A caretaker visually checked the health status

140 of the animals twice a day. Ambient temperature was on average 25.5°C, decreasing from 28°C
141 to 23°C along the post-weaning period. Artificial light was lit from 8 a.m. to 5 p.m. and a window
142 provided natural light. One animal belonging to the HPV treatment died during the treatment
143 application period, so 89 piglets were investigated in the tests.

144

145 Experimental set-up

146 Treatment application

147 Treatment application started on the fourth day after weaning and lasted for a period of three
148 weeks (table 1). For each replicate three treatments were applied, each including five groups of
149 three pen mates: human presence and voice (HPV, N = 10 groups), human presence (HP,
150 N = 10 groups) and control (CTRL, N = 10 groups). The control treatment (CTRL) received
151 minimal husbandry care and no contact with any experimenter. In the two other treatments,
152 piglets were submitted to the presence of the experimenter (experimenter A) every morning in
153 their pen during five minutes, five days per week (15 daily sessions). In both treatments,
154 experimenter A (a 1.61m high woman), wearing always the same outfit; a blue coat and dark
155 green boots, entered in the pen with the loudspeaker and stood still for 30 s. Then she sat on a
156 plastic bucket and remained motionless during 4 min 30 s with the loudspeaker broadcasting a
157 sound signal (see below). At the end, the experimenter turned off the loudspeaker and quietly
158 stood to get out of the pen. In the HPV treatment, the experimenter broadcasted a modified
159 female voice, whereas in the HP treatment, the background sound of the recording was emitted
160 by the loudspeaker. The broadcast in the HPV treatment consisted in a modified female voice
161 (285 ± 34 Hz) pronouncing on a neutral tone a 4.4 s long French sentence: “De ce côté, cochon.
162 Allez. Par ici. Viens là” (UK version “On this side, pig. Come on. Over here. Come there”). It was
163 broadcasted through a loudspeaker (MA-100su Mipro Electronics, Taiwan) at $65,0 \pm 2,0$ dB max
164 sound pressure level (at 1 m from the source, determined using a sound level meter, SL-100
165 Voltcraft, Germany). The voice had been recorded in WAV format with a microphone (MKH 50 P

166 48 Sennheiser, Germany) fixed with a microphone module and an acoustic foam windscreen
 167 (K6/ME66 Sennheiser, Germany). The microphone module was connected to an audio digital
 168 portable recorder (Portable Solid State recorder, PMD661 Marantz Professional, The
 169 Netherlands; amplitude resolution: 16 bits; sampling rate: 44.1 kHz). The initial soundtrack
 170 parameters (248 ± 31 Hz, 3.0 s) were modified with the Audacity software (2.0.6,
 171 www.audacityteam.org): the fundamental frequency was increased (+15%) and the tempo
 172 lowered (-33%). These modifications were showed to be attractive for piglets of the same age in
 173 a preliminary choice test (unpublished data). The mean frequencies of both original and
 174 modified soundtracks were determined with the Praat software (5.2.01, www.praat.org).

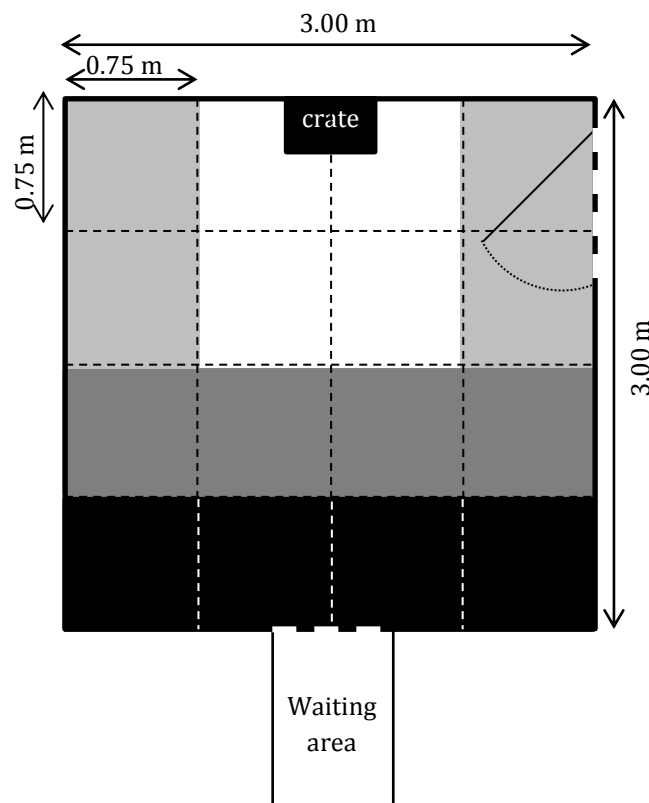
175 **Table 1: Timeline of the experiment for one replicate**

Day	Step	Duration and frequency
1	Weaning and transfer to home pen	1 h
5 to 9	treatment application week 1	5 min, once/ day
12 to 16	treatment application week 2	5 min, once/ day
19 to 22	treatment application week 3	5 min, once/ day
26	treatment application	5 min, once
27 and 28	reactivity test 1: HPV treatment: voice broadcast HP and CTRL treatment: background broadcast	1 test/ piglet 3 min familiarisation 5 min with the experimenter
29 and 33	reactivity test 2: HPV, HP and CTRL treatment: background broadcast	1 test/ piglet 3 min familiarisation 5 min with the experimenter
36	Transfer to the growing pens	1 h

176
 177 Tests assessing piglets' reactivity to experimenter A

178 Piglets' reactivity to experimenter A was evaluated on two successive reactivity tests (test 1 and
 179 test 2), carried out in an isolated testing area (2.80 x 2.80m) equipped with a starting box (0.50 x
 180 1.00m). Vertical and horizontal lines were drawn on the video screen every 0.75m to delimit
 181 physical zones of identical size in order to record piglets' mobility (Figure 1). Piglets were
 182 individually brought to the starting box by their usual caretaker or by an experimenter B, using a
 183 trolley. Piglets had 30 s to get out of the box otherwise they were gently pushed by

184 experimenter B. The tests started once the piglet had its four legs in the test area. Each test
 185 consisted of two phases: (1) the tested animal remained alone during 3 min in the testing room
 186 (2) experimenter A entered in the testing room by a lateral door, then sat on a plastic crate and
 187 remained motionless during 5 min. Experimenter A was holding the loudspeaker used for
 188 treatments and which had been switched on before entering in the test area. During test 1, the
 189 modified female voice ($65,0 \pm 2,0$ dB max) was broadcast for the HPV treatment and the
 190 background recording for the HP and CTRL treatments. During test 2, the background recording
 191 was broadcast for all piglets whatever the initial treatment was.



192
 193 **Figure 1: Dimensions, equipment of the test area and zone delimitations for the analysis**
 194 **of space occupation and animals' locomotor activity.** The camera suspended above the
 195 lateral test area door is not represented. Large dot lines represent passages, tight dot lines
 196 represent the virtual limits of the 16 areas used for observations. White zone: experimenter
 197 zone, light grey: intermediary zone, dark grey: median zone, black zone: remote zone.

198

199 During the treatment application and the reactivity tests, video recordings were done with
200 cameras (Panasonic PC25-2230P33) fixed above the pen and the test area and connected to a
201 computer equipped with a video acquisition card and Mpeg recorder (Mpeg Noldus 2.1, Noldus,
202 The Netherlands).

203

204 Measures

205 The piglets' behaviours during the treatment application, described in table 2, were analysed *a*
206 *posteriori* using The Observer XT11.0 software (Noldus, The Netherlands) by experimenter A.
207 Additional recordings were performed during both reactivity tests by experimenter B and C who
208 were not visible by the piglets. Experimenter B counted the vocalisations via the Observer
209 XT11.0 software while experimenter C recorded piglets' behaviours in the test area (table 2) via
210 a Psion (Workabout Pro3, Psion Teklogix, The United Kingdom). Experimenter B analysed *a*
211 *posteriori* piglets' mobility via the Observer XT11.0 software.

212

213 **Table 2. Behavioural activities observed according to the phases of the treatments**
 214 **application and the reactivity tests (test 1 and test 2).**

Behaviour	Description	Measure	Test phase
Treatment application			
Gazing at experimenter A	Piglet's head directed to experimenter A	Number Latency (s) Duration (s)	Standing Sitting
Investigating experimenter A	Animal sniffing or touching experimenter A or chewing her overalls	Number Latency (s) Duration (s)	Standing Sitting
Leaning on experimenter A	Animal climbing on experimenter A with at least its front legs on her	Number Latencies (s)	Sitting
Maintenance	Urination or defecation	Number	Standing Sitting
Reactivity to experimenter A tests 1 and 2			
Latency to enter the test area	Time spent in the starting box before entering the test area with the four legs	Duration (s) ($\leq 30s$)	Familiarisation
High-pitched vocalizations	Including screams, squeals and grunt-squeals, ending in open mouth	Number	Familiarisation Experimenter's presence
Low-pitched vocalization	Grunts, with closed mouth Barks, breathy, with open mouth	Number	Familiarisation Experimenter's presence
Investigation of the test area	Animal sniffing the ground or the wall, standing or walking	Duration (s)	Familiarisation Experimenter's presence
Zone occupation	An animal was considered in a zone when its two front legs had crossed the delimiting line	Duration (s)	Experimenter's presence
Mobility	crossing a line delimiting a zone with its two front legs	Number	Experimenter's presence
Gazing at experimenter A	Piglet's head directed to experimenter A	Number Latency (s) Duration (s)	Experimenter's presence
Investigating experimenter A	Animal sniffing or touching experimenter A or chewing her overalls	Number Latency (s) Duration (s)	Experimenter's presence
Leaning on experimenter A	Animal climbing on experimenter A with at least its front legs on her	Number Latencies (s)	Experimenter's presence
Maintenance	Urination or defecation	Number	Familiarisation Experimenter's presence

215

216

217 Statistical analysis

218 Results were analysed using the R-3.1.1 software (R Core Team, 2014). We wanted to analyse
219 the evolution of piglets' behaviour along the habituation sessions during the treatments
220 application. We also wanted to determine if piglets' behaviours differed between treatments
221 during this phase. So we chose to use the pen as a statistical unit and summarized our data by
222 treatment session for each treatment (numbers of piglets doing a particular behaviour were
223 summed; otherwise we calculated the mean durations, latencies and frequencies of the
224 behaviours). We also wanted to check for any effect of the replicate on piglets' behaviour. To do
225 so, we used non parametric tests for repeated measures, using the nparLD package (Noguchi *et*
226 *al.*, 2012). Treatment and replicate were tested as independent factors, and session as the
227 repeated factor. When treatment*session interactions revealed significant effects, factors were
228 compared within levels: to determine in which sessions the treatments differed, we compared
229 the treatments for each session using a Mann and Whitney test. To analyse the evolution of a
230 behaviour within a treatment, we compared our measures between sessions for each treatment
231 using a Nemenyi multiple comparison test from the PMCMR package (Pohlert, 2014). Differences
232 were considered as statistically significant for $p < 0.05$. Results are presented as median and
233 interquartile (Md (IQ1-IQ3)).

234 Data obtained during the reactivity tests (test 1 and test 2) were analysed by test phase ((1)
235 before the entrance of the experimenter, (2) with the presence of the experimenter) to
236 determine the effect of the treatments on piglets' behaviour and by reactivity test (test 1 and test
237 2) to determine the effect of the sound broadcast for HPV piglets. For each test phase of each
238 reactivity test, data were analysed with generalized linear models: models with Poisson error
239 structure and a log link function were used for count variables and models with gamma error
240 structure and an inverse link function were used for duration and latency variables (except for
241 the duration of zone occupation). Treatment, replicate and the interaction between both factors
242 were included as fixed effects and piglets and pen as random effects. The non-significant
243 interactions were removed from the models and results from the minimal models are reported.

244 Otherwise, the significant treatment*replicate interaction was tested by pairwise comparisons
245 (contrasts analysis) with the Esticon function in the doBy package (Højsgaard and Halekoh,
246 2015). As piglets did not equally visit all the zones of the test area, we calculated the proportions
247 of time spent in the different zones. Data were compared with a generalized linear model
248 assuming a binomial error structure and a logit link function. Treatment, replicate, type of zone
249 and their interactions were included as fixed effects, piglets and pen as random effects. Pairwise
250 comparisons were tested with the lsmeans package for significant interactions (Lenth, 2015).
251 Data not fitting the parametric models hypothesis were analysed with non-parametric methods.
252 To determine if the treatments had an impact on the number of piglets we had to push out of the
253 starting box according to treatments, data were tested using a χ^2 analysis for each reactivity test.
254 We analysed the number of piglets investigating the experimenter similarly. As the numbers of
255 piglets emitting high-pitched vocalizations or barks before and after the entrance of
256 experimenter A were scarce, no statistical analysis was realized. The numbers of piglets doing
257 maintenance behaviour during the treatment application and both reactivity to the
258 experimenter tests were scarce too, and were not statistically analysed. Data on time spent
259 investigating the test area when piglets were alone in the test area were analysed with a
260 Kruskal-Wallis test for the treatment effect and a Wilcoxon test for the replicate effect. Results
261 are expressed as median and interquartile (Md (IQ1-IQ3)).

262

263 Results

264 *Responses of piglets during the treatment application*

265 When the experimenter was standing in their pen, the number of piglets gazing at the standing
266 experimenter significantly decreased from 2.0 (1.0 – 3.0) piglets on session 1 to 0.0 (0.0 – 1.0)
267 piglet on session 7 and then remained very low (session 7 to 15: 0.0 (0.0 – 0.0) piglet, session
268 effect $F = 19.6$ $p < 0.001$). In the same time, the number of piglets investigating the standing
269 experimenter significantly increased from 0.0 (0.0 - 0.25) piglet on session 1 to 3.0 (2.0 – 3.0)

270 piglet on session 4 and then remained steady (session 4 to 15: 3.0 (3.0 – 3.0) piglets, session
 271 effect $F = 18.2$ $p < 0.001$). The other behavioural responses of piglets when the experimenter
 272 was standing in their pen during the treatment application were not affected by the nature of the
 273 sound emitted by the loudspeaker, the replicate and the interactions between these factors
 274 ($p > 0.05$, Table 3).

275

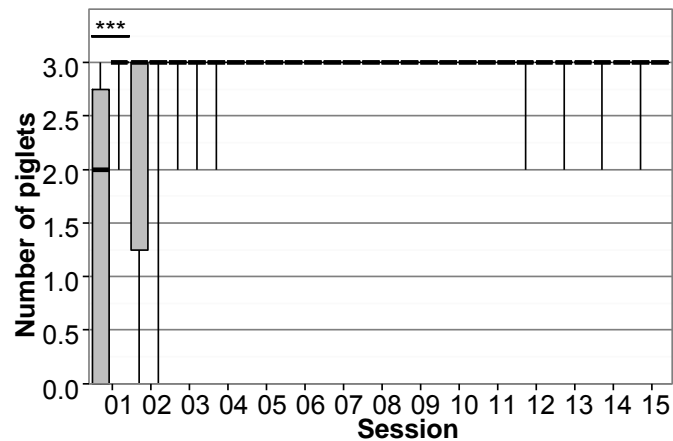
276 **Table 3. Behavioural measures over the treatment application (15 days) for the standing**
 277 **(N=10) and sitting phases (N=10).** Data are presented as median and interquartile over both
 278 treatments.

Measure	Value range
Experimenter standing in the pen	
Number of piglets gazing at experimenter A	0.0 (0.0 – 1.0)
Number of piglets investigating experimenter A	3.0 (2.0 – 3.0)
Experimenter sitting in the pen	
Number of piglets gazing at experimenter A	0.0 (0.0 – 1.0)
Latency before gazing at experimenter A (s)	270.0 (181.8 – 270.0)
Duration of gaze	0.0 (0.0 – 2.1)
Latency before investigating experimenter A (s)	0.5 (0.3 – 4.8)
Duration of investigation of experimenter A (s)	229.3 (197.8 – 246.6)
Number of piglets leaning on experimenter A	1.0 (0.0 – 2.0)
Number of lean on experimenter A	0.3 (0.3 – 1.7)
Latency before leaning on experimenter A (s)	229.7 (157.5 – 270.0)

279

280 During the sitting phase of the treatment sessions, HP piglets were +50% more numerous than
 281 HPV piglets to investigate the experimenter on the first treatment session (treatment*session:
 282 $F = 3.4$ $p < 0.001$, session: $F = 6.5$ $p < 0.001$, treatment: $F = 5.1$ $p < 0.01$, Figure 2) and there was
 283 no difference during the subsequent sessions (session 2 to 15: 3.0 (3.0-3.0) piglets). There was
 284 no other interaction for all observed behaviours whatever the criteria was, between the
 285 replicate and the two others factors, treatment or session ($p > 0.05$).

286



287

288 **Figure 2: Number of piglets investigating experimenter A during the sitting phase of the**
 289 **treatment application, according to treatment and treatment session.** Data represent the
 290 median number of piglets per pen and per session according to treatments: grey boxes indicate
 291 the HPV treatment and white boxes the HP treatment. Numbers of piglets during the first session
 292 significantly differ between treatments with $p < 0.01$.

293

294 The major effects on the behavioural responses concerned the session effect ($p < 0.001$). The
 295 number of piglets looking at the sitting experimenter significantly decreased from 3.0 (2.8 – 3.0)
 296 piglets on the session 1 to 0.0 (0.0 – 1.0) piglet on session 7 and then this number remained very
 297 low (session 7 to 15: 0.0 (0.0 – 0.0) piglet, session effect $F = 22.2$). On the same time profile, 10
 298 sessions were necessary to significantly reduce the time spent gazing at experimenter A from
 299 27.8 (11.7 – 33.6) s on session 1 to 0.0 (0.0 – 0.0) s on session 10, few piglets gazed at
 300 experimenter A after session 10 (session 10 to 15: 0.0 (0.0 – 0.0) s, session effect $F = 23.6$).
 301 Interestingly, this time profile is not the exact inverse of the mean latencies evolution as
 302 significant differences were found earlier for the mean latencies before gazing at experimenter
 303 A. Piglets took almost 4 min longer before gazing at experimenter A from 32.3 (13.8 – 95.6) s on
 304 session 1 to 265.6 (149.1 – 270) s on session 5, few piglets gazing at experimenter A each pen
 305 reached the maximum latency before gazing at experimenter A after session 5 (session 5 to 15:

306 270 (270 – 270) s, session effect $F = 21.9$). The latency to investigate the experimenter
 307 decreased by 1 min 45 s during the first week from 106.3 (38.6 – 212.4) s on session 1 to 1.7 (0.6
 308 – 10.9) s on session 4 and then remained very low until the last session (session 4 to 15:
 309 0.5 (0.3 – 4.8) s, session effect $F = 15.9$). On the contrary, piglets spent 60% of their time
 310 investigating experimenter A from the first treatment session (162.0 (29.8 – 212.9) s) and it
 311 increased by 1 min on the 7th treatment session (227.8 (214.0 – 247.3) s) to remain around 89%
 312 of their time occupation (session 7 to 15: 241.2 (219.6 – 256.5) s, session effect $F = 6.0$). The
 313 number of piglets leaning on experimenter A followed a similar time profile, with a significant
 314 increase from 0.0 (0.0 – 0.0) leaning piglet on session 1 to 2.0 (1.0 – 2.0) leaning piglets on
 315 session 6 to remain steady afterwards (session 6 to 15: 1.0 (0.0 – 2.0) leaning piglet, session
 316 effect $F = 8.1$). The three last sessions no more differed from the first treatment session (1.0 (0.0
 317 – 1.0) leaning piglet). The mean number of leaning behaviour measured per pen followed a
 318 similar time profile and significantly increased from 0.0 (0.0 – 0.0) leaning behaviour on session
 319 1 to 1.3 (0.3 – 3.4) leaning behaviour on session 6, remaining steady afterwards with 0.7 (0.0 –
 320 1.7) leaning behaviour per pen, the four last sessions no more differing from the two first
 321 sessions 0.3 (0.0 – 1.0, session effect $F = 7.9$). As few piglets leant on experimenter A during the
 322 first week of treatment, the latencies before performing this behaviour were maximum and
 323 decreased by 33% from 270.0 (270.0 – 270.0) s on session 1 to 180.1 (104.4 – 255.9) s on
 324 session 6 when the maximum number of piglets leant on experimenter A. This latency stayed at
 325 a low value (198.4 (139.9 – 270.0) s) and increased on the three last sessions to be similar to the
 326 first session (238.3 (182.5 – 270) s, session effect $F = 8.7$) without significantly differing from the
 327 previous treatment week.

328 When experimenter A was sitting in the pen, we found no significant differences between
 329 replicates ($p > 0.05$ for each analysis) except for the leaning on the experimenter behaviour.
 330 More piglets leant on the experimenter during replicate 1 (1.0 (0.0 – 2.0) piglet per pen) than
 331 during replicate 2 (0.0 (0.0 – 1.0) piglet per pen, replicate effect $F = 6.4$). Piglets performed this

332 behaviour +43% sooner during replicate 1 (188.8 (136.9 – 270.0) s) than during replicate 2
333 (270.0 (196.0 – 270.0) s, replicate effect $F = 8.0$) and more often during replicate 1 (1.0 (0.0 –
334 2.0) leaning behaviour) than during replicate 2 (0.0 (0.0 – 0.67) leaning behaviour, replicate
335 effect $F = 7.3$).

336 *Response of piglets to the reactivity to the experimenter tests – piglets alone*

337 When piglets were alone, only their number of grunts was affected during test 1 by the
338 interaction between the replicate and its interaction with the treatment: CTRL piglets vocalised
339 26% less than HPV piglets during the first replicate and 44% more than HPV piglets during the
340 second replicate. HPV and CTRL piglets involved in replicate 2 also vocalised less than HPV and
341 CTRL piglets involved in replicate 1 (HPV: -95%, CTRL: - 91%; treatment*replicate : Wald
342 $\chi^2 = 8.8$, $df = 2$, $p = 0.01$, treatment: Wald $\chi^2 = 4.1$, $df = 1$, $p > 0.05$, replicate: Wald $\chi^2 = 4.7$,
343 $df = 1$, $p = 0.03$, table 4). There was no other interaction between the treatment and the replicate
344 factors in test 1 for all other observed behaviours whatever the criteria was ($p > 0.05$).

345 By contrast, 33 piglets had to be pushed in test 1 ($\chi^2 = 1.0$, $df = 2$) whatever the treatment was
346 and 19 in test 2 ($\chi^2 = 3.9$, $df = 2$); we found no effect of the previous treatment ($p > 0.05$) on the
347 latency to enter the test area (test 1: Wald $\chi^2 = 0.1$, $df = 2$, test 2: Wald $\chi^2 = 0.5$, $df = 2$), the
348 number of crossed lines (test 1: Wald $\chi^2 = 0.8$, $df = 2$, test 2: Wald $\chi^2 = 4.3$, $df = 2$) or the time
349 spent investigating the test area (test1: $H = 0.67$, $df = 2$, test 2 H_2 : $H = 1.41$, $df = 2$). We neither
350 found a replicate effect on the latency to enter in the test area (test 1: Wald $\chi^2 = 1.6$, $df = 2$,
351 test 2: Wald $\chi^2 = 1.8$, $df = 2$), the number of crossed lines (test 1: Wald $\chi^2 < 0.1$, $df = 2$, test 2:
352 Wald $\chi^2 = 0.8$, $df = 2$) or the time spent investigating the test area (test1: $W = 1112$, test 2:
353 $W = 1030$, $p > 0.05$, Table 4).

354 **Table 4: Piglets behavioural measures during both reactivity to the experimenter tests, according to the treatment and the replicate factors.** Data
 355 analysed with parametric tests are expressed as means and standard error mean ($m \pm SEM$) and data analysed with non-parametric method are expressed with
 356 median and interquartile range (md (Q25 – Q75)). Numbers with different letters in a row are significantly different ($p < 0.05$). HPV: human presence and voice,
 357 HP: human presence, CTRL: control.

Phase without the experimenter				Phase with the experimenter			
Behaviour	Treatment	Test 1	Test 2	Behaviour	Treatment	Test 1	Test 2
Latency before entering the test area (s)	HPV HP CTRL	17.9 \pm 0.1 s	20.2 \pm 0.9	Latency before the first line crossing (s)	HPV HP CTRL	31.9 \pm 2.1 a 46.4 \pm 2.6 ab 81.1 \pm 3.3 b	38.6 \pm 2.2 b 18.5 \pm 0.8 a 59.0 \pm 2.8 b
Number of line crossing	HPV HP CTRL	20.2 \pm 0.9	18.2 \pm 0.8	Number of line crossing	HPV HP CTRL	19.9 \pm 0.5 a 20.5 \pm 0.5 a 15.2 \pm 0.7 b	18.2 \pm 0.8
Duration of test area investigation (s)	HPV HP CTRL	177.6 s (168.2 – 180.0)	176.3 s (170.0 – 180.0)	Duration of test area investigation (s)	HPV HP CTRL	217.9 \pm 1.4 b 204.2 \pm 1.3 b 163.6 \pm 2.0 a	191.3 \pm 0.3
Number of grunts	Replicate 1	HPV: 32.7 \pm 3.7 b HP: 15.3 \pm 1.1 ab CTRL: 12.6 \pm 1.4 a	23.2 \pm 0.3	Number of grunts	HPV		47.6 \pm 1.6 b
	Replicate 2	HPV: 7.2 \pm 0.6 a HP: 15.7 \pm 1.1 ab CTRL: 16.4 \pm 0.6 b			HP	38.4 \pm 0.4	40.5 \pm 1.0 b
					CTRL		27.6 \pm 0.8 a
				Number of gaze at experimenter A	HPV HP CTRL	9.1 \pm 0.1	5.9 \pm 0.1 a 6.7 \pm 0.1 a 8.2 \pm 0.2 b
				Latency before investigating experimenter A (s)	HPV HP CTRL	50.9 \pm 3.0 a 44.7 \pm 2.6 a 170.7 \pm 3.5 b	49.8 \pm 3.0 a 45.5 \pm 2.8 a 122.4 \pm 3.9 b
				Number of period of investigation of experimenter A (s)	Replicate 1	HPV: 7.1 \pm 0.2 b HP: 7.1 \pm 0.3 b CTRL: 1.7 \pm 0.1 a	HPV: 6.3 \pm 0.2 b HP: 5.9 \pm 0.2 b CTRL: 3.2 \pm 0.2 a
					Replicate 2	HPV: 6.5 \pm 0.2 ab HP: 6.3 \pm 0.1 b CTRL: 5.1 \pm 0.2 a	HPV: 3.7 \pm 0.2 ab HP: 5.1 \pm 0.2 b CTRL: 4.5 \pm 0.2 a
				Duration of investigation of experimenter A (s)	HPV HP CTRL	45.3 \pm 0.5	46.9 \pm 0.5

358 *Response of piglets to the experimenter tests – presence of experimenter A*

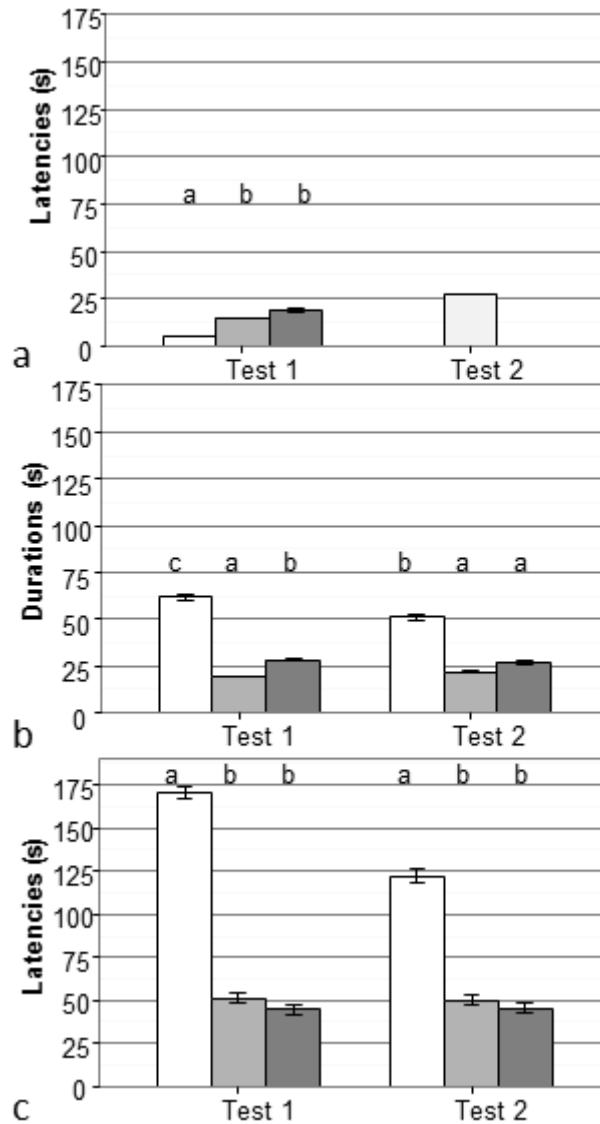
359 When the experimenter was present in the test area, the type of treatment mainly affected the
360 behaviour of piglets, the effect of the replicate only affected the latency before the first change of
361 zone and the number of periods of experimenter investigation by piglets during the first test,
362 and the number of gaze at experimenter A during the second test ($p < 0.05$, table 4). We found
363 no interaction between the type of treatment and the replicate factors for all analysis for both
364 reactivity to the experimenter tests ($p > 0.05$) except for the number of periods of experimenter
365 investigation by the piglets, for both tests (test 1: treatment*replicate: Wald $\chi^2 = 15.0$, $df = 2$,
366 $p < 0.01$, treatment: Wald $\chi^2 = 34.1$, $df = 1$, $p < 0.01$, replicate: Wald $\chi^2 = 16.6$, $df = 1$, $p < 0.01$;
367 test 2: treatment*replicate: Wald $\chi^2 = 6.1$, $df = 2$, $p = 0.05$, treatment: Wald $\chi^2 = 9.8$, $df = 1$, $p <$
368 0.01 , replicate: Wald $\chi^2 = 1.8$, $df = 1$, $p > 0.05$). HPV and HP piglets investigated more often the
369 experimenter than CTRL piglets in replicate 1 (+309% for both treatments), and in replicate 2
370 (+28% for HPV piglets and +24% for HP piglets). A similar significant effect was found during
371 test 2 for replicate 1; HPV and HP piglets investigated respectively +96% and +83% more the
372 experimenter than CTRL piglets. During replicate 2, only HP piglets investigated 13% more the
373 experimenter than CTRL piglets. Data analysis also revealed that HPV and HP piglets involved in
374 the second replicate investigated significantly less the experimenter than piglets involved in
375 both treatments in the first replicate and for both tests (test 1: HPV: -9%, test 2: HPV: -19%; HP:
376 test 1: -13%, test 2: -26%).

377

378 *Reactivity to experimenter A - Test 1*

379 During test 1, HPV piglets were the first piglets to move, more than twice earlier than CTRL
380 piglets' did (Wald $\chi^2 = 6.2$, $df = 2$, table 3). Treatment application also increased the mobility of
381 HPV and HP piglets with 34% and 30% of supplementary crossed lines respectively in
382 comparison with CTRL piglets (Wald $\chi^2 = 7.2$, $df = 2$, table 3). Similarly HPV and HP piglets

383 exhibited significantly higher duration of investigation of the test area compared to the CTRL
 384 piglets (+33% and +24% respectively, Wald $\chi^2 = 17.42$, $df = 2$). Treatment application affected
 385 piglets' gaze at experimenter A as CTRL piglets gazed more than twice sooner than HPV piglets
 386 and more than thrice sooner than HP piglets (Wald $\chi^2 = 10.5$, $df = 2$, Figure 3a). CTRL piglets also
 387 gazed at experimenter A twice longer than HP piglets and thrice longer than HPV piglets, which
 388 in return gazed at experimenter A half more than HP piglets (Wald $\chi^2 = 12.6$, $df = 2$, Figure 3b).
 389 The number of piglets investigating the experimenter differed between treatments ($p = 0.05$)
 390 but pairwise comparisons did not differentiate groups (HPV: 27 piglets, HP: 28 piglets, CTRL: 22
 391 piglets all pairwise comparisons $p > 0.05$). Treatment application significantly shortened piglets'
 392 latency to investigate the experimenter of at least 2 min in comparison with CTRL piglets (Wald
 393 $\chi^2 = 21.9$, $df = 2$, Figure 3c).



394
 395 **Figure 3: (a) Latencies, (b) durations of gaze at experimenter A and (c) latencies before**
 396 **investigating experimenter A according to treatments and to tests.** White bars represent
 397 CTRL piglets, light grey bars HPV piglets and dark grey bars HP piglets. Bars with different
 398 letters within a test significantly differ with $p < 0.05$.

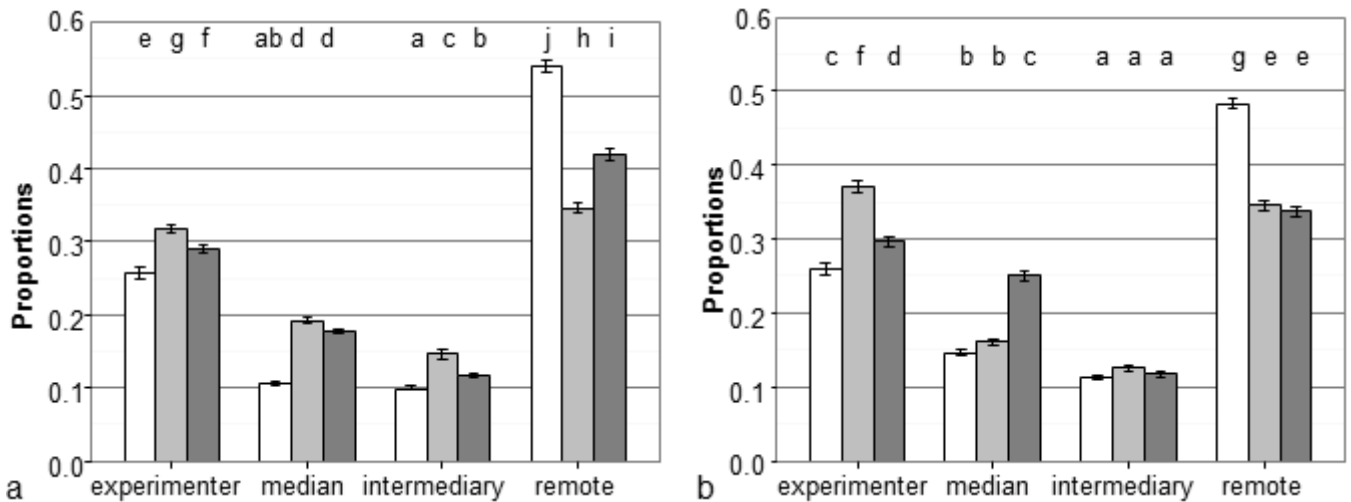
399
 400 During the first reactivity to the experimenter test, only the latency before crossing a line was
 401 affected by the replicate: piglets involved in replicate 2 crossed their first line more than twice
 402 earlier than piglets involved in replicate 1 (R1: 74.6 s, R2: 31.7 s, Wald $\chi^2 = 6.7$, $df = 1$, $p < 0.01$).

403

404 Zone occupation by piglets during test 1

405 Concerning the distribution of the time spent occupying the different test area zones by the
406 piglets we found two interactions in our analysis for test 1: piglets from different treatments did
407 not spent the same amount of time in the different zones of the test area (treatment*zone: Wald
408 $\chi^2 = 1154.8$, $df = 6$, $p < 0.01$, Figure 4) and the distribution of the time spent occupying the
409 different test area zones differed between replicates (zone*replicate: Wald $\chi^2 = 665.7$, $df = 3$,
410 $p < 0.01$). On the other side, piglets involved in the three treatments spent similar amount of
411 time in the different zones between both replicates (treatment*replicate: Wald $\chi^2 = 1.3$, $df = 2$,
412 $p = 0.53$). We found a significant effect of each factor included in the model (treatment: Wald
413 $\chi^2 = 78.4$, $df = 2$, zone: Wald $\chi^2 = 5045.2$, $df = 3$, replicate: Wald $\chi^2 = 326.2$, $df = 1$, $p < 0.01$).
414 During test 1, the voice broadcast attracted significantly more HPV piglets when piglets were in
415 the experimenter zone as they spent 10% and 23% more time than HP and CTRL piglets
416 respectively (Figure 4). Treatment application increased also the time spent in the experimenter
417 zone for HP (+12%) piglets in comparison with CTRL piglets. In return, CTRL piglets spent
418 significantly more time in the remote zone than HPV (+54%) and HP (+29%), with HP piglets
419 spending also +20% more time than HPV piglets in the remote zone. Each treatment spent on
420 average more time in the remote and the experimenter zones than in the other zones during test
421 1 (176% (95% to 290%)).

422



423

424

425

426

427

428

429

430

431

432

433

434

435

436

437

438

439

440

Figure 4: Distribution of time spent in the test area zones when experimenter A was present in the test area, per treatment (a) for test 1 and (b) for test 2. White bars represent CTRL piglets, light grey bars HPV piglets and dark grey bars HP piglets. The proportions of time spent in the different zones were determined in relation to the total time spent in the test area. Bars with different letters significantly differ with $p < 0.05$.

Concerning the interaction between the replicate and the zone factor, during test 1 the distribution of the time spent occupying the different test area zones followed the same profile for both replicates though piglets spent +29% more time in the remote zone during replicate 1 than replicate 2 and less time during replicate 1 than replicate 2 in the experimenter and the median zone (-29% and -12% respectively). Each proportion of time spent in a zone significantly differed from the others in each replicate with piglets staying twice longer in the remote zone than in the experimenter zone in replicate 1 and 12% longer in replicate 2 (R1: remote zone: $49 \pm 1\%$, intermediary zone: $12 \pm 0\%$, median zone: $15 \pm 0\%$, experimenter zone: $24 \pm 0\%$; R2: remote zone: $38 \pm 0\%$, intermediary zone: $12 \pm 0\%$, median zone: $17 \pm 0\%$, experimenter zone: $34 \pm 0\%$).

441 Reactivity to experimenter A - Test 2

442 During test 2, when the experimenter was present in the test area, the type of treatment mainly
443 affected the behaviour of piglets; the effect of the replicate only affected the number of gaze at
444 experimenter A ($p < 0.05$, Table 4). Contrary to test 1, HP piglets were the first piglets to move,
445 their latency before crossing a line was more than thrice shorter than CTRL piglets' latency
446 before crossing a line and HPV piglets did not differ from CTRL piglets anymore (Wald $\chi^2 = 8.4$,
447 $df = 2$). CTRL piglets grunted significantly less than the two other treatments did (HPV: -42%,
448 HP: -32%, Wald $\chi^2 = 11.1$, $df = 2$). CTRL piglets looked more often (HPV: +39%, HP: +22%, Wald
449 $\chi^2 = 17.9$, $df = 2$, Figure 3a) and also twice longer (Wald $\chi^2 = 10.6$, $df = 2$, Figure 3b) than the two
450 other treatments did. HPV and HP piglets still investigated experimenter A at least 2 min before
451 CTRL piglets (Wald $\chi^2 = 14.8$, $df = 2$, Figure 3c).

452 We noted however some differences according to the replicate on the number of gazes at
453 experimenter A which were on average +28% higher for the first replicate than for the second
454 one (R1: 7.8 ± 0.1 gazes, R2: 6.1 ± 0.1 gazes, Wald $\chi^2 = 5.5$, $df = 1$, $p < 0.05$).

455

456 Zone occupation by piglets during test 2

457 Concerning the distribution of the time spent occupying the different test area zones by the
458 piglets we found two interactions in our analysis for test 2: piglets from different treatments did
459 not spent the same amount of time in the different zones of the test area (treatment*zone: Wald
460 $\chi^2 = 1138.2$, $df = 6$, $p < 0.01$, Figure 4) and the distribution of the time spent occupying the
461 different test area zones differed between replicates (zone*replicate: Wald $\chi^2 = 414.8$, $df = 3$,
462 $p < 0.01$). On the other side, piglets involved in the three treatments spent similar amount of
463 time in the different zones between both replicates (treatment*replicate: Wald $\chi^2 = 2.9$, $df = 2$,
464 $p > 0.05$). We found a significant effect of each factor included in the model (treatment: Wald
465 $\chi^2 = 260.9$, $df = 2$, zone: Wald $\chi^2 = 3315.9$, $df = 3$, replicate: Wald $\chi^2 = 22.6$, $df = 1$, $p < 0.01$).

466 During test 2, HPV piglets were 6% more attracted by the experimenter zone than by the remote
467 zone, contrary to test 1. This behaviour also differed from HP and CTRL piglets' zone occupation
468 as they stayed respectively 13% and 85% longer in the remote zone than in the experimenter
469 zone. Consequently, HPV piglets stayed 23% more in the experimenter zone than HP piglets and
470 42% more than CTRL piglets. Treatment application still had a significant effect during test 2 as
471 HP piglets spent also 15% more time than CTRL piglets in the experimenter zone, and CTRL
472 piglets spent 39% more time in the remote zone than both HPV and HP piglets, which no more
473 differed.

474 Concerning the interaction between the replicate and the zone factor, during test 2 the
475 distribution of the time spent occupying the different test area zones followed the same profile
476 for both replicates, which was similar to the distribution profile in test 1. Although, piglets spent
477 +11% more time in the remote zone during replicate 1 than replicate 2 and less time during
478 replicate 1 than replicate 2 in the other zones (intermediary: -15%, median: -39%,
479 experimenter: -9%). Each proportion of time spent in a zone significantly differed from the
480 others for each replicate, with piglets staying 28% longer in the remote zone than in the
481 experimenter zone for both replicates (R1: remote zone: 37±0%, intermediary zone: 13±0%,
482 median zone: 14±0%, experimenter zone: 32±0%; R2: remote zone: 37±0%, intermediary zone:
483 11±0%, median zone: 23±0%, experimenter zone: 29±0%).

484 Data analysis revealed non-significant effects of the treatment and the replicate factors for both
485 tests (Table 4). During test 1, we found no effect of the treatment factor on the number of grunts
486 (Wald $\chi^2 = 2.4$, $df = 2$), the number of gaze at experimenter A (Wald $\chi^2 = 5.7$, $df = 2$) or the
487 duration of the experimenter investigation by the piglets (Wald $\chi^2 = 0.4$, $df = 2$). During test 2,
488 piglets' mobility no more differed between the treatments (Wald $\chi^2 = 4.2$, $df = 2$) nor the
489 duration of the test area investigation (Wald $\chi^2 = 1.7$, $df = 2$). Piglets gazed at experimenter A as
490 quickly whatever the treatment was, with on average a latency before gazing at experimenter A
491 (Wald $\chi^2 = 1.8$, $df = 2$). 80 piglets investigated the experimenter with a similar duration (Wald

492 $\chi = 0.6$, $df = 2$) whatever the previous experience was, whereas only 5 of them leant on the
493 experimenter.

494 We did not found any effect of the replicate the number of gaze at experimenter A only in test 1
495 (Wald $\chi^2 = 3.5$, $df = 1$, Table 4) and on the latency before the first line crossing only in test 2
496 (Wald $\chi^2 = 3.5$, $df = 1$). We neither found an effect of the replicate for both tests on behaviours
497 related to the test area investigation; on the number of line crossing (test 1: Wald $\chi^2 = 2.4$,
498 $df = 1$; test 2: Wald $\chi^2 < 0.1$, $df = 1$) or the duration of the test area investigation (test 1: Wald
499 $\chi^2 = 0.7$, $df = 1$, test 2 Wald $\chi^2 = 0.2$, $df = 1$). The number of grunts were similar between
500 replicates for both tests (test 1: Wald $\chi^2 = 0.5$, $df = 1$, test 2: Wald $\chi^2 < 0.1$, $df = 1$). Gazing
501 behaviours were neither affected by the replicate for both tests, for the latency before gazing at
502 experimenter A (test 1: Wald $\chi^2 = 0.5$, $df = 1$, test 2: Wald $\chi^2 = 0.5$, $df = 1$) or the duration of gaze
503 at experimenter A (test 1: Wald $\chi^2 < 0.01$, $df = 1$, test 2: Wald $\chi^2 = 1.4$, $df = 1$). There was no
504 effect either on the latency before investigating experimenter A (test 1: Wald $\chi^2 = 0.1$, $df = 1$,
505 Wald $\chi^2 = 0.2$, $df = 1$) or the duration of the experimenter investigation by piglets (test 1: Wald
506 $\chi^2 = 2.9$, $df = 1$, test 2: Wald $\chi^2 = 0.7$, $df = 1$).

507

508

509 Discussion

510 Piglets' behaviours evolved similarly for both treatments during the treatment application
511 except on the first treatment session, with a major decrease in gazing behaviours and an
512 increase in investigation of the experimenter investigation by piglets. We found a major effect of
513 the treatment application in both tests, CTRL piglets moving less, later than HPV and HP piglets,
514 staying away from experimenter A and investigating her less often and later than the other
515 piglets. Behavioural expression was not exactly similar between both reactivity to the
516 experimenter tests: though HPV and HP piglets still investigated experimenter A sooner and

517 looked less at her than CTRL piglets, HPV piglets stayed longer near the experimenter contrary
518 to the other piglets.

519 The regular presence of the experimenter, with a voice broadcast (HPV) or not (HP), reduced
520 piglets' fear expression in their home pen along sessions. Indeed, during the treatment
521 application, gazing behaviour at experimenter A (number of animals and time spent) decreased
522 and piglets gazed at her less rapidly while their familiarity of the experimenter increased.
523 Contrary to our results, no differences were observed in gazing behaviours of cattle when
524 animals were exposed to a familiar and an unknown person (Boivin *et al.*, 1998; Welp *et al.*,
525 2004). As cattle are sensitive to the familiarity of a handler (Boivin *et al.*, 1998) and their gazing
526 behaviours decrease when repeatedly exposed to novel stimuli (as a novel environment (Welp
527 *et al.*, 2004)), both species might use different sensorial information to evaluate the familiarity of
528 a handler. Somewhat, in our study, the number of periods of investigation of experimenter A by
529 piglets increased, as its duration, and the decrease in the latency before performing this
530 behaviour suggest that piglets became more active toward the experimenter, closer and quicker
531 to interact with her until the end of the treatment application period. Such results were also
532 observed in wolves submitted to the presence of an experimenter in their home pen (Woolpy
533 and Ginsburg, 1967) and in pigs receiving strokes (Tanida and Nagano, 1998). The regular
534 presence of an experimenter in piglets' home pen - talking or not - reduced the expression of
535 behaviours related to fear and increased piglets' interactions with the experimenter in the home
536 pen.

537 The regular presence of the experimenter (talking or not) in the home pen also impacted
538 positively piglets' behaviour in the test area during both reactivity to the experimenter tests. In
539 comparison, CTRL piglets avoided the experimenter, staying predominantly far from her (in the
540 remote zone). CTRL piglets also exhibited faster and longer glance at the experimenter and
541 investigated less quickly and less often the experimenter, behaviours which were associated
542 with a greater fear expression (Hemsworth and Barnett, 1987). Such discrepancies in responses

543 of control and handled animals have been reported in chicks (Jones, 1993; Hemsworth *et al.*,
544 1994), in laying hens (Edwards *et al.*, 2013) and in piglets exposed to a passive human presence
545 (Brajon *et al.*, 2015a). Our results suggest that regular human presence - talking to piglets or not
546 - helped reducing the fear of the experimenter and of the experimental conditions.

547 Moreover, treatment application could have been positively perceived by piglets in the home
548 pen as in the test area. In the home pen, affinity behaviours, which could be related to leaning on
549 the experimenter as described in pigs (Tallet *et al.*, 2014) (Hemsworth *et al.*, 1981; Gonyou *et al.*,
550 1986) and sheep (Markowitz *et al.*, 1998; Tallet *et al.*, 2009) were recorded for HP and HPV
551 piglets. In the test area, the latency before interacting with the experimenter was shorter for
552 HPV and HP piglets than those found in studies involving positive interactions with piglets as
553 strokes or scratching (92.2 s in (Gonyou *et al.*, 1986) and 81.0 s in (Tallet *et al.*, 2014). A passive
554 experimenter being less frightening than an active one (e.g. attempting to touch a pig), the
555 passivity of the experimenter during the interaction with piglets could have encouraged them in
556 interacting faster with her (Hemsworth *et al.*, 1986). These results suggest that exposing piglets
557 to the human presence - with a voice broadcast (HPV) or not (HP) - might have been positively
558 perceived by piglets. This is in line with the attractiveness of a passive experimenter in the home
559 pen, shown in Brajon *et al.* (2015a).

560 However, the absence of difference between treatments in the home pen, except on the first
561 session, suggests that the voice broadcast was not attractive to piglets in the home pen. On the
562 contrary, fewer piglets investigated the experimenter during the first treatment session which
563 could be due to a neophobic reaction from piglets, as observed with novel stimuli (Hemsworth *et*
564 *al.*, 1996a), which disappeared after the second treatment session. During the first reactivity
565 test, HPV piglets stayed longer than the other piglets in the experimenter zone, which could be a
566 sign of an attractive perception of the voice broadcast in the test area. Nevertheless, the
567 broadcast did not seem attractive enough as piglets did not interact more with the experimenter
568 than the other piglets. A conflict of interest between the wish to explore the novel environment

569 and the wish to interact with the experimenter could have occurred in piglets, as suggested in
570 Tallet *et al.* (Tallet *et al.*, 2014). Few differences were observed between HPV and HP piglet
571 which thus suggest that the voice broadcast was at least perceived as a neutral or perhaps as a
572 slightly attractive stimulus emitted by the experimenter but not enough to compete with other
573 novel stimuli.

574 Another explanation for the absence of attractiveness of the voice broadcast in the first
575 reactivity test could concern its role for piglets. As the voice was continuously broadcast during
576 the treatment application and test 1, it might have been perceived as a permanent cue of the
577 human presence, which did not attract piglets' attention towards the experimenter during the
578 tests. Habituation to tactile stroking and scratching was observed in piglets did not react to it on
579 a physiological level in a testing situation contrary to control piglets (Tallet *et al.*, 2014).
580 However, HPV piglets reacted to the absence of voice broadcast in the test area during the
581 second reactivity to the experimenter test: HPV piglets stayed the longest in the experimenter
582 zone contrary to the other piglets and moved less rapidly than HP piglets, which could expressed
583 an increased vigilance toward the change in the test situation (Jones and Boissy, 2011).
584 Moreover, the voice could be an element of recognition of the experimenter as piglets are able to
585 rely on auditory cues in the discrimination of familiar humans (Tanida and Nagano, 1998).
586 Deprivation from this cue could explain why piglets still show interest in staying near the
587 experimenter. This hypothesis needs confirmation with further investigation on pigs' sensibility
588 to human voice.

589 Concerning the treatment application duration, the three weeks seemed to be necessary for
590 piglets to develop the positive perception of the interaction with the experimenter with and
591 without voice broadcast. No signs of disinterest in interacting with the experimenter, nor signs
592 of habituation (absence of behavioural reactions (Leussis and Bolivar, 2006) could be observed
593 as stressed by the stability of the behavioural expression after the second week. Few studies
594 described the delay to achieve some kind of socialisation with humans. Several months were

595 reported for wolves to achieve a socialized state (Woolpy and Ginsburg, 1967), and in the case of
 596 piglets even after five weeks of 30 min daily handling treatment in Tanida and Nagano (1998),
 597 piglets kept keen on interacting with humans. Gonyou *et al.* (1986) reported in pigs a lack of
 598 interest in interacting with humans after four weeks of positive treatment including a squatting
 599 posture and strokes. In the present study, the absence of difference between the first and the last
 600 week of treatment for the latency before leaning on the experimenter might show the beginning
 601 of a disinterest in animals. Further investigations on increased exposition to human presence
 602 with and without a voice broadcast and their short and long term impact on the behaviours of
 603 piglets would help to identify the involved processes in terms of human recognition, habituation
 604 or disinterest.

605 Finally, piglets expressed differently some of their behaviours according to replicates such as the
 606 latency before their first move or the number of looks at the experimenter. According to
 607 Waiblinger *et al.* (2006) these differences can partly be explained by piglet's emotionality and
 608 personality traits between batches. Most of the differences were resulting in the intensity of the
 609 behavioural expression, respecting the profile of expression of these behaviours for each
 610 treatment. Our results remain thus in the validity definition of measures by Martin and Bateson
 611 (1993) cited by Waiblinger *et al.* (2006) and still can be used to described differences among
 612 treatments.

613

614

615 Conclusion

616 A regular human presence with or without voice broadcast during three weeks in the piglets'
 617 home pen decreased their fear of the experimenter and increased their interactions with the
 618 experimenter. Piglets interacted more actively and quickly from the first week and expressed
 619 affinity behaviours after the second week of treatment, without showing signs of habituation or

620 disinterest. Voice broadcast might be more frightening on the first day but both treatments
621 seemed to be perceived as positive interactions for piglets.

622 HPV and HP treatments reduced piglets' fear of the experimenter in a test area and increased
623 their investigation of the experimenter, in comparison with CTRL piglets. However, the voice
624 broadcast did not increase the experimenter's attraction. The voice might take a role in the
625 recognition of the experimenter by the piglets as piglets which were regularly exposed to its
626 broadcast showed expression of disturbance in its absence in the test area.

627

628 Acknowledgment

629 The authors would like to thank Michel Lefebvre for building the apparatus and Carole Guérin
630 for her participation in the project. We would like to acknowledge the piggery staff involved in
631 the work. This project was funded by the INRA PHASE department (Crédits Incitatifs 2015).

632

633

634 References

- 635 Barnett, J.L., Hemsworth, P.H., Hennessy, D.P., McCallum, T.H., Newman, E.A., 1994. The effects of
636 modifying the amount of human contact on behavioural, physiological and production responses
637 of laying hens. *Applied Animal Behaviour Science* 41, 87-100.
- 638 Boivin, X., Garel, J.P., Mante, A., Le Neindre, P., 1998. Beef calves react differently to different
639 handlers according to the test situation and their previous interactions with their caretaker.
640 *Applied Animal Behaviour Science* 55, 245-257.
- 641 Boivin, X., Lensink, B.J., Tallet, C., Veissier, I., 2003. Stockmanship and farm animal welfare.
642 *Animal Welfare* 12, 479-492.
- 643 Brajon, S., Laforest, J.-P., Bergeron, R., Tallet, C., Hötzel, M.-J., Devillers, N., 2015a. Persistency of
644 the piglet's reactivity to the handler following a previous positive or negative experience.
645 *Applied Animal Behaviour Science* 162, 9-19.
- 646 Brajon, S., Laforest, J.P., Schmitt, O., Devillers, N., 2015b. The Way Humans Behave Modulates the
647 Emotional State of Piglets. *PLoS ONE* 10, e0133408.
- 648 Breuer, K., Hemsworth, P.H., Coleman, G.J., 2003. The effect of positive or negative handling on
649 the behavioural and physiological responses of nonlactating heifers. *Applied Animal Behaviour
650 Science* 84, 3-22.
- 651 Broadfoot, J., 1970. pig (*Sus*) a misunderstood animal. *Inst Anim Tech J.*

- 652 Collin, S., Bensoussan, S., Courboulay, V., Kling-Eveillard, F., Meunier-Salaün, M.C., Tallet, C., 2016.
653 Enquête sur les pratiques de communication des éleveurs de porcs avec leurs animaux, Journées
654 de la recherche porcine, Institut de la Filière Porcine, Paris.
- 655 Coulon, M., Nowak, R., Peyrat, J., Chandèze, H., Boissy, A., Boivin, X., 2015. Do Lambs Perceive
656 Regular Human Stroking as Pleasant? Behavior and Heart Rate Variability Analyses. PLoS ONE
657 10, e0118617.
- 658 Edwards, L.E., Coleman, G.J., Hemsworth, P.H., 2013. Close human presence reduces avoidance
659 behaviour in commercial caged laying hens to an approaching human. Anim. Prod. Sci. 53, 1276-
660 1282.
- 661 Estep, D.Q., Hetts, S., 1992. Interactions, relationships, and bonds : the conceptual basis for
662 scientist-animal relations, in: Davis, H., Balfour, D.A. (Eds.), *The Inevitable Bond: Examining*
663 *Scientist-Animal Interactions*, Cambridge University Press, pp. 6-26.
- 664 Feh, C., de Mazières, J., 1993. Grooming at a preferred site reduces heart rate in horses. *Animal*
665 *Behaviour* 46, 1191-1194.
- 666 Gonyou, H.W., Hemsworth, P.H., Barnett, J.L., 1986. Effects of frequent interactions with humans
667 on growing pigs. *Applied Animal Behaviour Science* 16, 269-278.
- 668 Graves, H.B., 1984. Behavior and Ecology of Wild and Feral Swine (*Sus Scrofa*). *Journal of Animal*
669 *Science* 58, 482-492.
- 670 Hausberger, M., Roche, H., Henry, S., Visser, E.K., 2008. A review of the human-horse relationship.
671 *Applied Animal Behaviour Science* 109, 1-24.
- 672 Heffner, R.S., Heffner, H.E., 1990. Hearing in domestic pigs (*Sus scrofa*) and goats (*Capra hircus*).
673 *Hearing Research* 48, 231-240.
- 674 Hemsworth, P.H., 2003. Human-animal interactions in livestock production. *Applied Animal*
675 *Behaviour Science* 81, 185-198.
- 676 Hemsworth, P.H., Barnett, J.L., 1987. Human-animal interactions. *Vet Clin North Am Food Anim*
677 *Pract* 3, 339-356.
- 678 Hemsworth, P.H., Barnett, J.L., 1991. The effects of aversively handling pigs, either individually
679 or in groups, on their behaviour, growth and corticosteroids. *Applied Animal Behaviour Science*
680 30, 61-72.
- 681 Hemsworth, P.H., Barnett, J.L., Hansen, C., 1981. The influence of handling by humans on the
682 behavior, growth, and corticosteroids in the juvenile female pig. *Hormones and Behavior* 15,
683 396-403.
- 684 Hemsworth, P.H., Coleman, G.J., 2011a. *Farm Animal Welfare: Assessment, Issues and*
685 *Implications, Human-livestock interactions: The stockperson and the productivity of intensively*
686 *farmed animals*, CABI, pp. 21-46.
- 687 Hemsworth, P.H., Coleman, G.J., 2011b. *Human-animal interactions and animal productivity and*
688 *welfare, Human-livestock interactions: The stockperson and the productivity of intensively*
689 *farmed animals*, CABI, pp. 47-83.
- 690 Hemsworth, P.H., Coleman, G.J., 2011c. *A model of stockperson-animal interactions and their*
691 *implications for livestock, Human-livestock interactions: The stockperson and the productivity*
692 *of intensively farmed animals*, CABI, pp. 120-134.
- 693 Hemsworth, P.H., Coleman, G.J., Barnett, J.L., Jones, R.B., 1994. Behavioural responses to humans
694 and the productivity of commercial broiler chickens. *Applied Animal Behaviour Science* 41, 101-
695 114.
- 696 Hemsworth, P.H., Gonyou, H.W., Dziuk, P.J., 1986. Human-communication with pigs - the
697 behavioral response of pigs to specific human signals. *Applied Animal Behaviour Science* 15, 45-
698 54.
- 699 Hemsworth, P.H., Hansen, C., Barnett, J.L., 1987. The effects of human presence at the time of
700 calving of primiparous cows on their subsequent behavioural response to milking. *Applied*
701 *Animal Behaviour Science* 18, 247-255.
- 702 Hemsworth, P.H., Price, E.O., Borgwardt, R., 1996a. Behavioural responses of domestic pigs and
703 cattle to humans and novel stimuli. *Applied Animal Behaviour Science* 50, 43-56.

- 704 Hemsworth, P.H., Verge, J., Coleman, G.J., 1996b. Conditioned approach-avoidance responses to
705 humans: the ability of pigs to associate feeding and aversive social experiences in the presence
706 of humans with humans. *Applied Animal Behaviour Science* 50, 71-82.
- 707 Hinde, R.A., 1976. Describing relationships. *J. Child Psychol. Psychiatry Allied Discip.* 17, 1-19.
- 708 Højsgaard, S., Halekoh, U., 2015. doBy: Groupwise Statistics, LSmeans, Linear Contrasts, Utilities,
709 R package.
- 710 Jago, J.G., Krohn, C.C., Matthews, L.R., 1999. The influence of feeding and handling on the
711 development of the human-animal interactions in young cattle. *Applied Animal Behaviour*
712 *Science* 62, 137-151.
- 713 Jones, B.R., 1993. Reduction of the domestic chick's fear of human beings by regular handling
714 and related treatments. *Animal Behaviour* 46, 991-998.
- 715 Jones, B.R., Boissy, A., 2011. Fear and Other Negative Emotions, in: Appleby, M.C., Mench, J.A.,
716 Olsson, I.A.S., Hughes, B.O. (Eds.), *Animal Welfare*, C.A.B. International, pp. 78-97.
- 717 Kostarczyk, E., 1992. The use of dog-human interaction as a reward in instrumental
718 conditioning and its impact on dog's cardiac regulation, in: Davis, H., Balfour, D.A. (Eds.), *The*
719 *inevitable bond. Examining scientist-animal interactions*, Cambridge University Press, pp. 109-
720 131.
- 721 Lensink, B.J., Boissy, A., Veissier, I., 2000. The relationship between farmers' attitude and
722 behaviour towards calves, and productivity of veal units. *Ann. Zootech.* 49, 313-327.
- 723 Lensink, B.J., Fernandez, X., Cozzi, G., Florand, L., Veissier, I., 2001. The influence of farmers'
724 behavior on calves' reactions to transport and quality of veal meat. *Journal of Animal Science* 79,
725 642-652.
- 726 Lenth, R., 2015. lsmeans: Least-Squares Means.
- 727 Leussis, M.P., Bolivar, V.J., 2006. Habituation in rodents: A review of behavior, neurobiology, and
728 genetics. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews* 30, 1045-1064.
- 729 Lynch, J.J., Fregin, G.F., Mackie, J.B., Monroe, R.R., Jr., 1974. Heart rate changes in the horse to
730 human contact. *Psychophysiology* 11, 472-478.
- 731 Markowitz, T.M., Dally, M.R., Gursky, K., Price, E.O., 1998. Early handling increases lamb affinity
732 for humans. *Animal Behaviour* 55, 573-587.
- 733 McBride, S.D., Hemmings, A., Robinson, K., 2004. A preliminary study on the effect of massage to
734 reduce stress in the horse. *Journal of Equine Veterinary Science* 24, 76-81.
- 735 Miura, A., Tanida, H., Tanaka, T., Yoshimoto, T., 1996. The influence of human posture and
736 movement on the approach and escape behaviour of weanling pigs. *Applied Animal Behaviour*
737 *Science* 49, 247-256.
- 738 Noguchi, K., Gel, Y.R., Brunner, E., Konietzschke, F., 2012. nparLD: An R Software Package for the
739 Nonparametric Analysis of Longitudinal Data in Factorial Experiments.
- 740 Pohlert, T., 2014. *_The Pairwise Multiple Comparison of Mean Ranks Package (PMCMR)_*. R
741 package.
- 742 R Core Team, 2014. *R: A language and environment for statistical computing*, R Foundation for
743 *Statistical Computing*, Vienna, Austria.
- 744 Rushen, J., de Passillé, A.M.B., Munksgaard, L., 1999a. Fear of People by Cows and Effects on Milk
745 Yield, Behavior, and Heart Rate at Milking. *Journal of Dairy Science* 82, 720-727.
- 746 Rushen, J., Taylor, A.A., de Passillé, A.M., 1999b. Domestic animals' fear of humans and its effect
747 on their welfare. *Applied Animal Behaviour Science* 65, 285-303.
- 748 Sankey, C., Henry, S., Górecka-Bruzda, A., Richard-Yris, M.-A., Hausberger, M., 2010. The Way to a
749 Man's Heart Is through His Stomach: What about Horses? *PLoS ONE* 5, e15446.
- 750 Schmied, C., Boivin, X., Waiblinger, S., 2008a. Stroking Different Body Regions of Dairy Cows:
751 Effects on Avoidance and Approach Behavior Toward Humans. *Journal of Dairy Science* 91, 596-
752 605.
- 753 Schmied, C., Waiblinger, S., Scharl, T., Leisch, F., Boivin, X., 2008b. Stroking of different body
754 regions by a human: Effects on behaviour and heart rate of dairy cows. *Applied Animal*
755 *Behaviour Science* 109, 25-38.

- 756 Seabrook, M.F., Bartle, N.C., 1992. Human Factors, in: Phillips, C.J.C., Piggins, D. (Eds.), Farm
 757 Animals and the Environnement, CAB International, Cambridge, pp. 111-125.
- 758 Signoret, J.P., Baldwin, B.A., Fraser, D., Hafez, E.S.E., 1975. The Behaviour of Swine, in: Hafez,
 759 E.S.E. (Ed.), The behaviour of domestic animals, Baillière Tindall, Londres, pp. 295-329.
- 760 Tallet, C., Sy, K., Prunier, A., Nowak, R., Boissy, A., Boivin, X., 2014. Behavioural and physiological
 761 reactions of piglets to gentle tactile interactions vary according to their previous experience with
 762 humans. *Livestock Science* 167, 331-341.
- 763 Tallet, C., Veissier, I., Boivin, X., 2005. Human contact and feeding as rewards for the lamb's
 764 affinity to their stockperson. *Applied Animal Behaviour Science* 94, 59-73.
- 765 Tallet, C., Veissier, I., Boivin, X., 2009. How does the method used to feed lambs modulate their
 766 affinity to their human caregiver? *Applied Animal Behaviour Science* 119, 56-65.
- 767 Tanida, H., Nagano, Y., 1998. The ability of miniature pigs to discriminate between a stranger and
 768 their familiar handler. *Applied Animal Behaviour Science* 56, 149-159.
- 769 Uvnäs-Moberg, K., Alster, P., Lund, I., Lundeborg, T., Kurosawa, M., Ahlenius, S., 1996. Stroking of
 770 the Abdomen Causes Decreased Locomotor Activity in Conscious Male Rats. *Physiol Behav* 60,
 771 1409-1411.
- 772 Waiblinger, S., Boivin, X., Pedersen, V., Tosi, M.-V., Janczak, A.M., Visser, E.K., Jones, R.B., 2006.
 773 Assessing the human–animal relationship in farmed species: A critical review. *Applied Animal
 774 Behaviour Science* 101, 185-242.
- 775 Welp, T., Rushen, J., Kramer, D.L., Festa-Bianchet, M., de Passille, A.M., 2004. Vigilance as a
 776 measure of fear in dairy cattle. *Applied Animal Behaviour Science* 87, 1-13.
- 777 Woolpy, J.H., Ginsburg, B.E., 1967. Wolf socialization: a study of temperament in a wild social
 778 species. *American Zoologist* 7, 357-363.

CHAPITRE III - UTILISATION DE LA VOIX FEMININE DANS LA COMMUNICATION REFERENTIELLE AVEC L'ANIMAL

INTRODUCTION

Bien que les animaux utilisent rarement un seul sens pour communiquer, peu d'études se sont intéressées à l'utilisation de combinaison de signaux sensoriels dans la communication entre l'homme et l'animal. Or les porcs utilisent principalement des signaux auditifs seuls ou en combinaison d'autres signaux (olfactifs, visuels) pour communiquer avec leurs conspécifiques. Dans la nature, les propriétés de diffusion des vocalisations leur permettent également de se localiser lorsque les animaux se retrouvent isolés visuellement.

Le spectre auditif des porcs couvre les capacités de productions vocales humaines et les animaux pourraient y être sensibles. Cependant, seule leur capacité à utiliser des signaux visuels émis par l'homme, en particulier le geste de pointage du doigt, a été évaluée jusqu'à présent. Leur expérience des signaux émis par l'homme pourrait être impliquée dans leur compréhension des signaux visuels. Nous nous sommes donc intéressées à l'effet du type de signal (visuel : pointage, auditif : direction de la voix, et combinaison des deux signaux auditif et visuel) ainsi qu'à l'expérience des porcelets, afin de retrouver une récompense cachée, dans plusieurs tests de choix successifs.

MATERIEL ET METHODE

Nous avons travaillé avec 28 porcelets femelles sevrées qui ont, dans un premier temps, été familiarisée aux expérimentatrices et à l'aire de test pendant trois semaines. 16 d'entre elles ont été soumises à un premier test (test A, Figure 17) qui les a exposées à quatre signaux :

- Pointage statique du doigt (PS) : l'expérimentatrice pointe du doigt vers le bol contenant la récompense jusqu'à ce que l'animal fasse un choix,
- Voix orientée vers la récompense (V) : un haut-parleur qui diffuse une voix encourageante est dirigé vers le bol contenant la récompense jusqu'à ce que l'animal fasse un choix,
- Voix orientée et pointage statique du doigt (V+PS) : l'expérimentatrice dirige le haut-parleur et pointe du doigt vers le bol contenant la récompense jusqu'à ce que l'animal fasse un choix,

- Contrôle (C) : l'expérimentatrice reste immobile dans l'aire de test, aucun son n'est émis.

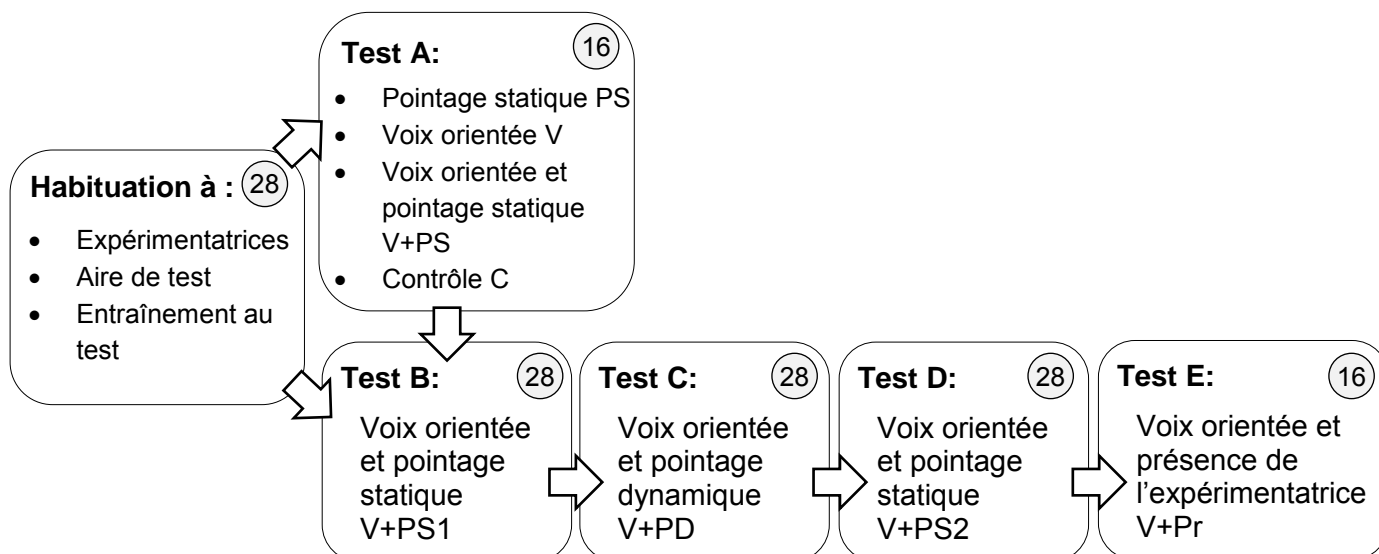


Figure 17: Schéma expérimental de l'étude sur l'utilisation de la voix féminine dans la communication référentielle avec l'animal.

Les chiffres entourés correspondent au nombre d'animaux impliqués dans chaque phase de test.

Tous les animaux ont ensuite subis trois tests : test B, C et D :

- Test B : voix orientée et pointage statique du doigt (V+PS1) : l'expérimentatrice dirige le haut-parleur et pointe du doigt vers le bol contenant la récompense jusqu'à ce que l'animal fasse un choix,
- Test C : voix orientée et pointage dynamique du doigt (V+PD) : l'expérimentatrice dirige le haut-parleur et pointe du doigt devant elle puis vers le bol contenant la récompense (en formant un arc de cercle) jusqu'à ce que l'animal fasse un choix,
- Test D : voix orientée et pointage statique du doigt (V+PS2) : le même signal que lors du test B est à nouveau présenté,

16 porcelets ont ensuite été choisis pour le dernier test (test E). Ces animaux ont été choisis parmi ceux qui n'avaient pas développé de biais de côté et 8 d'entre eux avaient atteint le critère de réussite lors du test C. Nous avons alors soumis les animaux à la seule indication donnée par le haut-parleur orienté vers le bol contenant la récompense, en présence de l'expérimentatrice (V+Pr).

RESULTATS

Test A: les animaux n'ont pas trouvé la récompense, quel que soit le signal employé par l'expérimentatrice ($M \pm SEM = 0.50 \pm 0.0$, $p = 0.42$). Lorsque les animaux se trompaient, ils ont

mis plus de temps à choisir avec le geste de pointage du doigt (PS : 4.2 s (3.3 - 5.6)) que lorsque la voix était orientée vers le haut-parleur et associée au geste de pointage (3.0 s (2.6 - 3.8), $p > 0.05$).

Test B, C et D : Nous avons observé une augmentation du nombre d'animaux réussissant le test C par rapport au test B (test B (V+PS1) : 2/28 a, test C (V+PD) : 10/28 b, test D (V+PS2) : 7/28 ab, $p < 0.05$). Les taux de réussite des tests C et D étaient significativement meilleurs que ceux du test B (test B (V+PS1) : 0.52 ± 0.02 a, test C (V+PD) : 0.63 ± 0.02 b, test D (V+PS2) : 0.62 ± 0.02 b, $p < 0.05$)

Les porcelets qui ont participé au test A (préexposition aux signaux) ont mis moins de temps à choisir lors du test B (V+PS1) que les autres porcelets (3.4 ± 0.3 s a vs 5.3 ± 0.4 s b, $p < 0.05$) mais pas lors des autres tests. La participation au test A n'a pas amélioré les taux de réussite des animaux (test B (V+PS1) : 2/28 a, test C (V+PD) : 10/28 b, test D (V+PS2) : 7/28 ab, $p < 0.05$). Les animaux n'ont pas appris entre les différentes sessions d'un même test (effet sessions $p > 0.05$). Les porcelets ont augmenté leurs chances de réussite s'ils regardaient l'expérimentatrice avant de choisir quel que soit le test (réussite = $96 \pm 1\%$; échec = $90 \pm 2\%$, $p < 0.05$) et s'ils n'allaient pas directement vers le bol choisi après leur entrée dans l'aire de test bien que la proportion de trajectoires indirectes ne soit pas la même pour tous les tests (test B: réussite : 6%, échec : 3%; test C: réussite 7%, échec: 3% ; test D: réussite : 12%, échec: 4%, $p < 0.05$).

Test E (V+Pr) : 1/16 animal a trouvé la récompense lorsque le haut-parleur était orienté vers la récompense en présence de l'expérimentatrice (Md = 0.50 (0.50–0.67)). Aucun des facteurs précédemment testé n'a eu d'influence.

DISCUSSION

Les porcelets n'ont spontanément pas utilisé les signaux auditifs et visuels auxquels nous les avons soumis, l'hypothèse de l'influence de la domestication dans la compréhension des signaux émis par l'homme n'est pas vérifiée dans nos conditions expérimentales. Ils ont toutefois pu apprendre à utiliser deux combinaisons de signaux vocaux et visuels (voix orientée vers la récompense et pointage statique ou dynamique) pour trouver la récompense. Plusieurs explications à l'origine de cet apprentissage sont envisageables, parmi celles-ci, la répétition de la présentation des combinaisons de signaux a pu permettre d'atteindre un seuil suffisant pour apprendre ces combinaisons. Une seconde explication correspondrait au changement dans la façon de présenter le signal, mieux adaptée à la sensibilité des porcelets, qui pourrait également impliquer le phénomène d'agitation locale, dirigeant l'attention des animaux vers la gamelle. Les animaux ont augmenté leurs chances de succès en regardant plus longtemps l'expérimentatrice et en ne se dirigeant pas directement vers l'un des bols, sans toutefois développer de véritable

stratégie exploratoire. Les porcelets n'ont pas été capables d'utiliser le signal auditif seul, ce qui implique que la combinaison de signaux s'avère nécessaire pour pouvoir utiliser la voix en tant que signal référentiel avec les animaux.

A RETENIR:

Les porcelets n'utilisent pas spontanément les signaux vocaux et/ou visuels référentiels émis par l'homme mais peuvent apprendre à utiliser des combinaisons de ces signaux, comme la voix humaine orientée vers une cible en combinaison d'un geste de pointage du doigt. Plusieurs processus pourraient entrer en jeu dans cet apprentissage, soulignant la nécessité de s'adapter à la sensibilité des animaux.

RESEARCH ARTICLE

Piglets Learn to Use Combined Human-Given Visual and Auditory Signals to Find a Hidden Reward in an Object Choice Task

Sandy Bensoussan, Maude Cornil, Marie-Christine Meunier-Salaün, Céline Tallet*

PEGASE, Agrocampus Ouest, INRA, Saint-Gilles, France

* celine.tallet-saighi@inra.fr



CrossMark
click for updates

OPEN ACCESS

Citation: Bensoussan S, Cornil M, Meunier-Salaün M-C, Tallet C (2016) Piglets Learn to Use Combined Human-Given Visual and Auditory Signals to Find a Hidden Reward in an Object Choice Task. PLoS ONE 11(10): e0164988. doi:10.1371/journal.pone.0164988

Editor: Juliane Kaminski, University of Portsmouth, UNITED KINGDOM

Received: February 11, 2016

Accepted: October 4, 2016

Published: October 28, 2016

Copyright: © 2016 Bensoussan et al. This is an open access article distributed under the terms of the [Creative Commons Attribution License](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.

Data Availability Statement: All relevant data are within the paper and its Supporting Information files.

Funding: This work was supported by Grant number 30000937 to SB, www.bretagne.bzh/jcms/TF071112_5041/fr/le-conseil-regional—<http://www.rennes.inra.fr/>, grant funding for student. The funders had no role in study design, data collection and analysis, decision to publish, or preparation of the manuscript.

Abstract

Although animals rarely use only one sense to communicate, few studies have investigated the use of combinations of different signals between animals and humans. This study assessed for the first time the spontaneous reactions of piglets to human pointing gestures and voice in an object-choice task with a reward. Piglets (*Sus scrofa domestica*) mainly use auditory signals—individually or in combination with other signals—to communicate with their conspecifics. Their wide hearing range (42 Hz to 40.5 kHz) fits the range of human vocalisations (40 Hz to 1.5 kHz), which may induce sensitivity to the human voice. However, only their ability to use visual signals from humans, especially pointing gestures, has been assessed to date. The current study investigated the effects of signal type (visual, auditory and combined visual and auditory) and piglet experience on the piglets' ability to locate a hidden food reward over successive tests. Piglets did not find the hidden reward at first presentation, regardless of the signal type given. However, they subsequently learned to use a combination of auditory and visual signals (human voice and static or dynamic pointing gestures) to successfully locate the reward in later tests. This learning process may result either from repeated presentations of the combination of static gestures and auditory signals over successive tests, or from transitioning from static to dynamic pointing gestures, again over successive tests. Furthermore, piglets increased their chance of locating the reward either if they did not go straight to a bowl after entering the test area or if they stared at the experimenter before visiting it. Piglets were not able to use the voice direction alone, indicating that a combination of signals (pointing and voice direction) is necessary. Improving our communication with animals requires adapting to their individual sensitivity to human-given signals.

Introduction

Communication between two individuals—a sender and a receiver—requires the use of their senses to convey signals containing non-permanent information which then alters the receiver's behaviour [1,2]. Between humans, these signals are mainly auditory (verbal and non-

Competing Interests: The authors have declared that no competing interests exist

verbal), visual, and tactile [3]. Animal communication depends on their Umwelt [4], that is on the stimuli species can perceive with their sensory organs. Communication also occurs between animals and humans: human-given signals can entirely or partially fit in an animal's Umwelt. However misinterpretation occurs when perceptions do not match emissions [5]. Humans and animals living in the same environment have to adapt to each other, coping with differences in/the limitations of what they can convey and perceive. Understanding animal perception of human-given signals is necessary to improve interspecific communication [3,5].

The ability of animals to discriminate between people has been regularly utilized to test their perception of human signals. Some species can rely on only one form of sensorial information, e.g. California sea lions (*Zalophus californianus*) [6] can identify specific people using only voice recordings. Others may rely on combinations of signals: ewes (*Ovis aries*) [7] and cats (*Felis silvestris catus*) [8] both succeeded in a similar task using combinations of visual, olfactory and auditory information. This ability varies among species: humans can be identified by their faces by Guinea baboons (*Papio papio*) [9] and cows (*Bos taurus*) [10], and by their odor and voices by dogs (*Canis lupus familiaris*) [11] and African elephants (*Loxodonta Africana*) [12] respectively.

Some wild and domesticated animals are sensitive to human signals and the evolution of such skills/abilities is still under investigation. Some domesticated animals (e.g. cats, dogs, horses, pigs) are able to use humans' signals in cognitive tasks [13]. The potential impact of domestication on these communicative skills has long been highlighted but is regularly questioned [13,14,15,16] especially because some wild species also use human signals. Cross-species comparisons are therefore necessary in order to understand the mechanisms underlying these communicative capacities which may have evolved differently in different species [13]. One hypothesis is that animal sensitivity to human signals may have evolved due to regular interactions with humans in situations necessitating communicative and cooperative skills [16]. For instance, dogs (*Canis lupus familiaris*) are highly sensitive to human signals [16, 17]: they are able to follow human pointing gestures [5] and vocal orders [8] used in hunting, herding and companionship. Another hypothesis is that sensitivity to human signals may, at a certain level, be a consequence of the selective breeding of animals for enhanced adaptability [16]. Increased tameness with reduced fear and aggression would be inseparable from enhancing cognitive skills. This has been observed in silver foxes (*Vulpes vulpes*), experimentally domesticated for 45 years, which were better at using pointing gestures than foxes not selected for tameness [18]. These processes are still studied to determine the responses of animals to signals used in referential communication, about an object for example, including a sender utilising one of the animal's senses.

Previous research regarding object choice tasks has mainly involved the use of visual rather than auditory or olfactory signals, probably in order to reduce logistical difficulties. For instance visual signals were studied in dogs [19], horses (*Equus caballus*) [20], goats (*Capra Hircus*) [21], wolves (*Canis lupus lupus*) [22], dolphins (*Tursiops truncatus*) [23], seals (*Arctocephalus pusillus*) [24], wild ferret hybrids (*Mustela*) [25], African elephants [26], chimpanzees (*Pan troglodytes*) [27] and gorillas (*Gorilla gorilla*) [15,28]. To our knowledge however studies on auditory signals appear less numerous; in dogs (voice direction [29]) and elephants (referential word for the location [30] and sound made by the reward itself [31]). Olfactory signals have been tested even less although we can cite the work on elephants [31]. The sensitivity of animals to human signals probably involves species-specific sensory preferences, even if learning processes are also involved. Covering a wider sensitivity range, combinations of signals can also be simultaneously transferred, providing complementary forms of information [5, 32]. Therefore, more knowledge is needed regarding the sensitivity of animals to human-given signals, expressed both alone and in combination especially on less studied signals.

According to Seabrook [33], people interacting with animals use complex combinations of individual factors such as sound, smell or gesture which are difficult to study separately. Although few studies have been conducted on this topic, animals appear to use combinations of information forms. Tanida and Nagano [34] found that piglets discriminated between handlers more easily when visual, auditory and olfactory information were combined, than when one or more factors were obstructed. When observed in an object-choice task, chimpanzees performed better when locating hidden food with a combination of human visual and auditory signals than when only one signal was given [27]. This supports the theory that combinations of signals might be more informative than individual ones, although further investigations are still required.

Pigs are a suitable model to study interspecific communication, in view of their long history of domestication. Dogs were the first animals to be domesticated around 15,000 years ago, while pig domestication is estimated to have begun 9,000 years ago. Data on pigs indicate a hybrid origin of some major “European” pig breeds, and provide strong evidence that the ancestral subspecies of wild boar in Europe and Asia were genetically distinct. Divergence of the ancestral boar subspecies is estimated to have been 500,000 years ago, well before domestication [35]. Pigs have a broad range of social skills which involve various sensorial pathways. Hearing is well developed in pigs, with a large auditory spectrum ranging from 42 Hz to 40.5 kHz [36], into which human vocal productions fit (80 Hz to 1.4 kHz) [37]. Acoustic signals are various and of major importance in the social behaviour of pigs [38] and experienced handlers suggest that pigs respond to human voices and their variations [39]. The effects of human auditory signals were studied to assess the ability of piglets to discriminate between familiar handlers [34]. Determining the sensitivity of piglets to these signals could help understand the impact of human interactions while working with animals. The mechanisation of modern facilities has reduced the time spent with animals to minimal interventions [40] which are frequently aversive in piglets (tooth resection, vaccines. . .) and can lead to the appearance of undesirable behaviours (escape, screaming. . .). Increasing our understanding of the effects of human communicative signalling will improve our ability to interact with animals, increasing both animal and handler welfare, while also producing economic gains.

Evidence supporting the use of human visual signals by pigs is inconsistent in the literature [41, 42]. Albiach-Serrano et al. [41] determined that pigs submitted to an object-choice task could not find a hidden reward with a pointing gesture whereas captive wild boars could. These differences were explained by the stimuli that the subjects had previously encountered: the wild boars had been exposed to the public pointing at food thrown in their enclosure while pigs had not. The effects of previous exposure to relevant stimuli could also explain the results reported in Nawroth et al. [42] in which piglets were able to use pointing gestures. Nawroth et al. [42] reported a successful training criterion to be the ability of piglets to go straight to the container which the experimenter extended their arm towards (and which contained the reward). Similarities between this training gesture and the dynamic pointing gestures tested subsequently cannot prevent anyone from questioning the excellent reported results. Differences in the ages/physiological states of the experimental animals in these studies (respectively sub-adult and adult pigs vs piglets) may by themselves explain the inconsistent results, as could age-/breed-related learning abilities and experience acquired before the tests.

Some species which would not normally use spontaneous human-given signals are able to learn to use them. This is the case for Clark's nutcrackers (*Nucifraga columbiana*) [43], which learnt to use gaze orientation to retrieve food in an object-choice task after several sessions. Olive baboons (*Papio anubis*) also performed begging gestures to obtain a reward from an experimenter even though they did not belong to the group trained to use this gesture. Piglets are known to be good learners in tasks associated with food delivery [44] and are able to learn

through the course of experiments [45]. However, the spontaneous use of human pointing gestures and/or auditory signals reported in piglets, as well the effect of experience on their response still need attention.

To our knowledge, this study is the first to assess the spontaneous reactions of piglets to human visual signals and to human voice in an object-choice task with a reward. We submitted piglets to various signals or combinations of signals to assess their responses according to the nature of the signal emitted by the experimenter. We also tested the impact of experience of successive tests. Pigs mainly use auditory signals in their interspecific communication and some visual signals [46]. Based on previous research discussed above, we hypothesize that (1) piglets would be spontaneously able to find a hidden reward in an object-choice task after the use of visual or auditory signals by an experimenter and that combining visual and auditory signals could lead to equivalent or better performances than individual signals, (2) experience could lead piglets to improve their success over subsequent trials of the same object-choice task or between tasks with different signals, and (3) different behavioural responses such as visual and physical interest towards the experimenter and trajectories of walking before visiting the bowls could be observed according to signal type, outcome of the trials (success or failure) and previous experience of the piglets.

Material and Methods

Ethical approval

All applicable European, French, and institutional guidelines for the care of animals were followed. All procedures performed in studies involving animals were in accordance with the ethical standards of the French National Institute for Agricultural Research and received an approval from the regional ethic committee (C2EA– 07 Comité rennais d'éthique en matière d'expérimentation animale).

Subjects and housing

Thirty female piglets, Pietrain x (Large White x Landrace), from the experimental herd of the INRA joint research unit 1348 PEGASE (Saint-Gilles, France) were involved in the experiment. They were chosen according to mean weaning weight and dispersion of their batch (batch (n = 66): $M \pm S.E.M = 8.5 \pm 1.9$ kg; sample (n = 30): $M \pm S.E.M = 8.3 \pm 2.0$ kg), and had no visible health problems. Piglets were weaned at four weeks of age and transferred to their experimental pens. Weaned piglets were housed in groups of five: two from one litter, and three from another. The fully slatted pens (1.2 x 1.3 m) were equipped with chains as enrichment material, a feeder (0.6 x 0.2 m) and a drinking bowl. Water and commercial pelleted food were provided *ad libitum* except during testing. Ambient temperature was on average 25.5°C, decreasing from 28°C to 23°C over the post-weaning period. Artificial light was provided from 8 a.m. to 5 p.m. During the experiment, two piglets had to be excluded due to a strong stress reaction to social isolation and diarrhoea. In total, 28 piglets were submitted to the different phases of the experiment.

General procedure

Training and tests were conducted in a room adjacent to the home pen room. The test arena consisted of opaque plastic walls and a concrete floor (Fig 1) divided into three areas separated by sliding doors opened by experimenter 1. The three areas were a group area at the entrance to hold the littermates of the test piglet, a starting area where the test piglet was held immediately before the test, and a test area. The group area was covered with sawdust and enriched with two toys made of plastic and strings hanging on the walls.

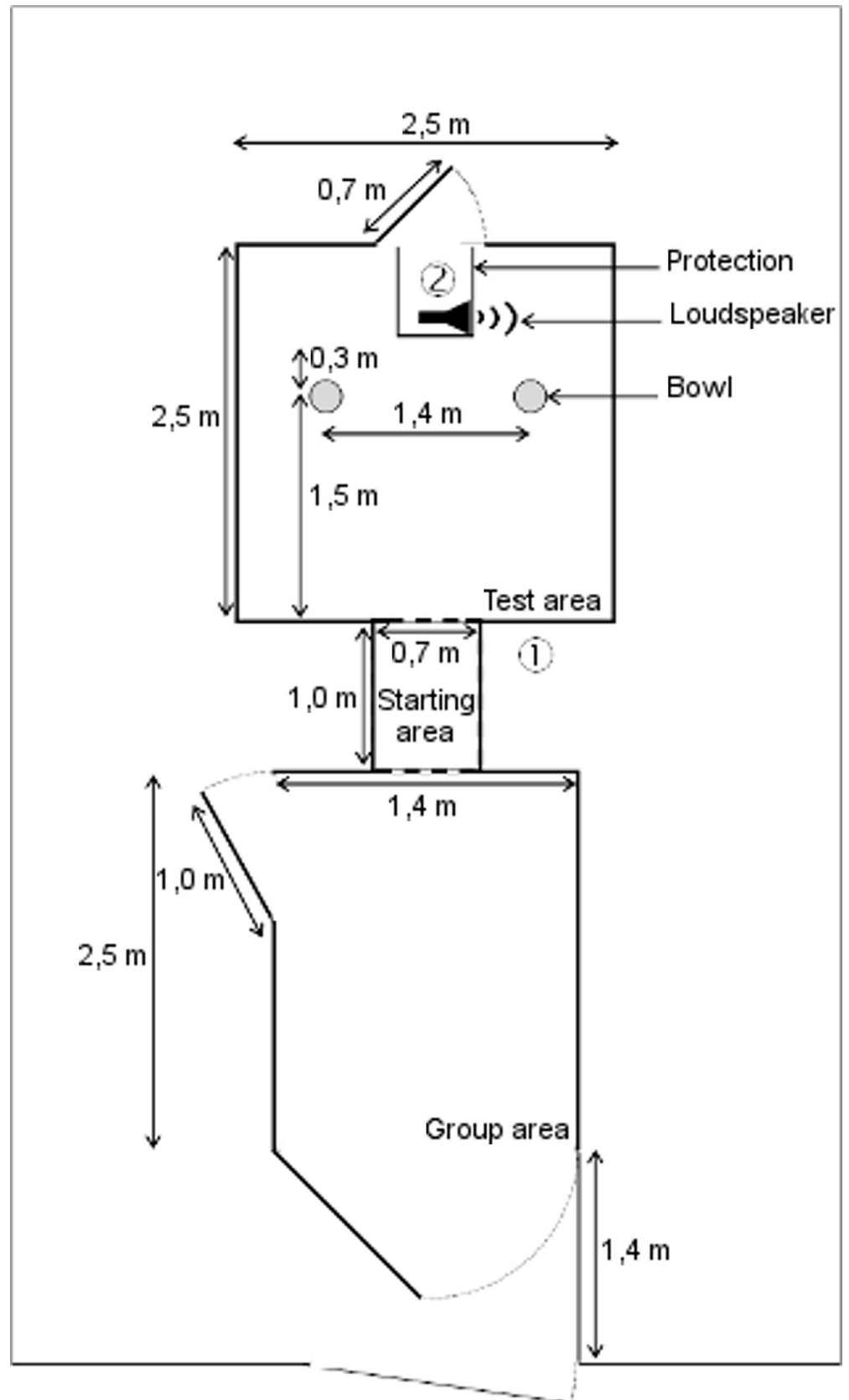


Fig 1. Dimensions and equipment of the test arena. Circled numbers indicate experimenters; the suspended camera above the test area door is not represented

doi:10.1371/journal.pone.0164988.g001

The general procedure of the experiment was adapted from Nawroth et al. [42] (Fig 2). Piglets were familiarised over a period of two weeks to reduce their fear of the experimenters and the test area. Piglets were trained to visit the bowls in the test area while alone and with the experimenter. Sixteen piglets were then selected and submitted to their first test, the “previous signals exposure test” (test A), from their seventh week of age. At the end of this test, the 28 piglets were submitted to three successive tests: the first presentation of a static combination of signals test; the dynamic combination of signals test; and the second presentation of a static combination of signals test. 16 piglets were then selected and submitted to the voice direction test.

Familiarisation and training period to the experimental procedure

Animals became accustomed to both experimenters over four days (day 3 to 7): each experimenter spent 11 min/ day in each pen: 30 s standing, 30 s sitting on a bucket and then giving piglets hand contact for two minutes per piglet. Contact was given using gradual steps: reaching out, touching the piglet’s body with finger tips and then full hand, caressing the body and finally scratching the body. If piglets interrupted a step by moving away, the experimenter started again from the first step. Animals stepping on the experimenters or hurting them (biting, pushing) were gently pushed away. It was also necessary to familiarise animals to female auditory signals to avoid any disturbance due to novelty on the first test sessions. We therefore broadcasted two playbacks: one of the female voice used in the tests and one from another female voice (test voice: 248 ± 30 Hz; non-test voice 2: 204 ± 32 Hz). Playbacks consisted of three recordings of the two voices: the test procedure sentence pronounced in a neutral tone, and tongue clicking and whistling in the same rhythm as the sentence. Playbacks were broadcasted, alternating the two voices in the pens, for two hours on the day before the first test and for one hour on the first test day, before the first test. The same loudspeaker in the test arena was used throughout.

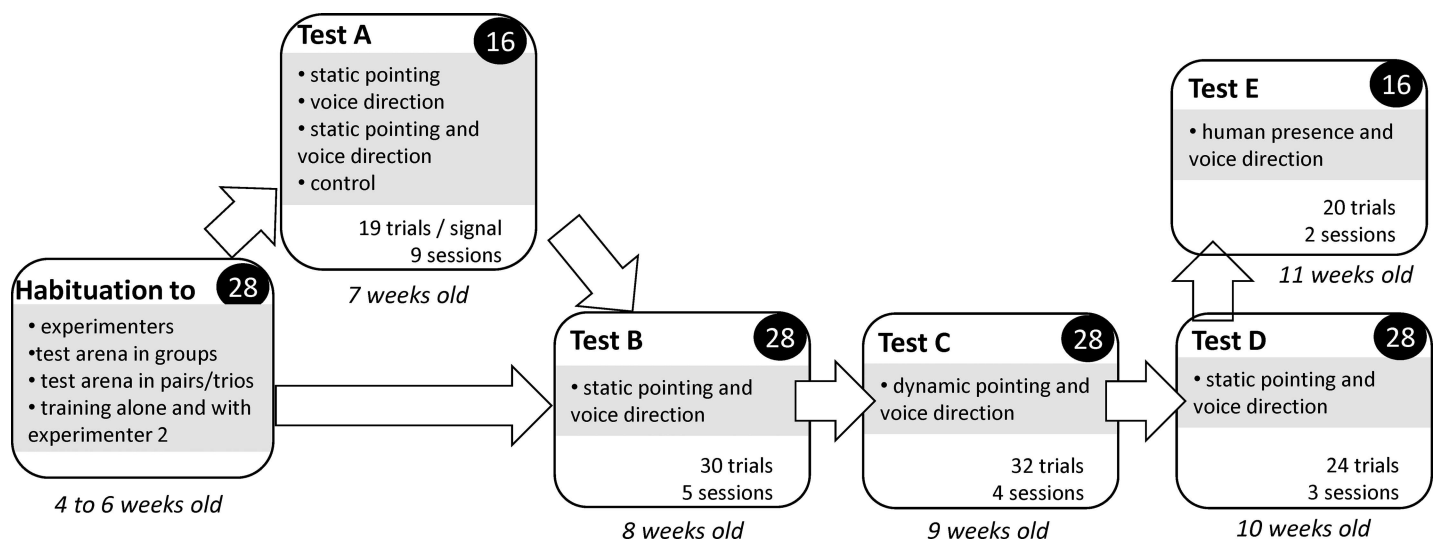


Fig 2. The general procedure was divided into five test steps: description of their principle. Numbers of animals involved are written in black circles and types of signals broadcast are specified inside test steps.

doi:10.1371/journal.pone.0164988.g002

During days 11 to 13, we habituated the piglets to being moved as a group to the testing arena. Once per day, all piglets from the same pen were moved together towards the group area (Table 1). Plastic boards were used by experimenter 1 to guide the piglets to the group area. Thereafter each group was allowed to visit the whole testing arena for 15 min for two sessions. Two bowls (Ø 0.20 m) separated by 1.40 m were fixed to the floor (experiment 4 in [42]). They were placed 1.50 m from the entrance of the starting area (Fig 1). The bowls contained a removable dark plastic bottom to prevent piglets from seeing the reward position. One of the bowls contained five rewards (M&M's®); with the rewarding side being balanced across sessions. In the following days (12 and 13), groups were divided into pairs and trios to habituate animals to being in smaller groups. Pairs and trios explored the starting and test areas for 10 min, while the other group of piglets remained in the group area (Table 1). One of the bowls contained two or three rewards per pair or trio respectively; the side containing the rewards was balanced across sessions. Our aim was to increase their interest in visiting the bowls either through their own experience of being rewarded for visiting the bowls, or through their observation of other piglets being rewarded for doing so. Getting individual access to a reward was assured in the following training period.

On day 14, we proceeded to an individual familiarisation to the testing situations. Each piglet from a group was individually introduced into the starting area for a session of 10 consecutive training trials. During the first eight trials the piglet was alone in the test area with one reward bowl—experimenter 2 was hidden from sight outside the test area. In the last two training trials experimenter 2 was present in the test area, kneeling motionless and looking straight forward. The reward side was balanced across trials. A bell attached to the test area door was used by experimenter 1 to attract the piglet's attention and to encourage the piglet to move towards the test area. Piglets had maximum of 90 s to visit both bowls, i.e. put its snout in the bowls. The piglet was then gently pushed to the starting area. During the first eight trials (piglet alone), if an animal did not visit both bowls after 90 s over two consecutive trials, it was trained as in the two last trials (in the presence of experimenter 2). If during these trials it did not visit both bowls again, it was eliminated from the selection. This happened for nine piglets. If the piglet visited both bowls, it was submitted to remaining training trials (i.e. alone). Three

Table 1. Timeline of the familiarisation period: familiarisation steps from weaning day (D0) with their duration and frequency.

Day	Step	Duration and frequency
0	Weaning and transfer to home pen	1 h
3 to 7	Familiarisation to experimenter	2 min/ piglet + 1 min for the group/ day = 11 min for the group/ day
8	Familiarisation to experimenter	2 min/ piglet + 1 min for the group = 11 min for the group
	Group moving to test arena and group familiarisation to the test arena	1 x 15 min/ group
9–10	Resting days	2 days
11	Group moving to group area and group familiarisation to the test arena	2 x 15 min/ group
12–13	Group moving to group area and pairs/ trio familiarisation to the test arena and the starting area	10 min/ group/ day
14	Group moving to group area and individual familiarisation to the testing situation	8 sessions alone/ piglet + 2 sessions with experimenter 2
	Familiarisation with female auditory signals	2 h
15	Familiarisation with female auditory signals	1 h
	Start of "previous signals exposure test"	

doi:10.1371/journal.pone.0164988.t001

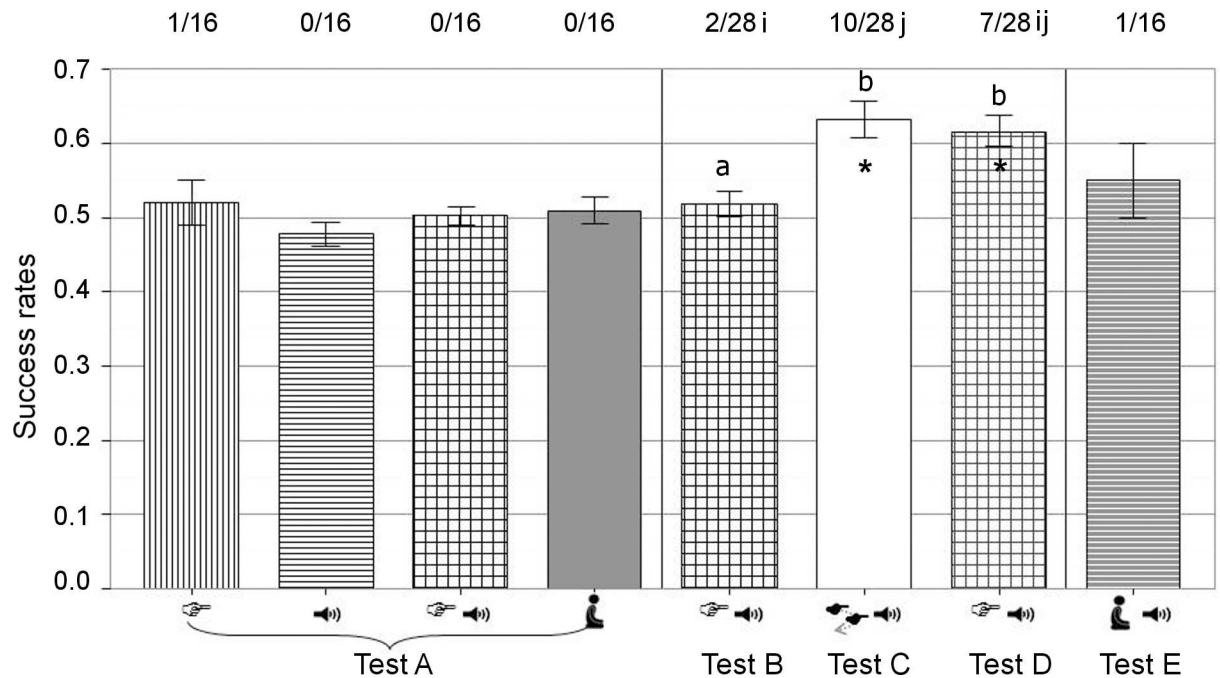


Fig 3. Correct choices according to the signal given by the experimenter in each test. Bars represent mean success rates (\pm S.E.M.) for tests A, B, C and D, or median success rate (Q25-Q75) for test E. *: $p < 0.05$ correspond to values above chance level at group level. Bars with different letters are significantly different ($p < 0.05$). Numbers above bars indicate the numbers of individuals that reached the success criterion over the total number of subjects that participated and numbers with different letters are significantly different ($p < 0.05$). Types of signals: S. Pointing: static pointing gesture, Voice: voice directed to the reward, S. pointing & Voice: static pointing gesture and voice directed to the reward directed to the reward; D. pointing & Voice: dynamic pointing gesture and voice directed to the reward, Voice & Presence: voice directed to the reward and experimenter's presence. Test A: "previous signals exposure test", test B: pointing and voice test 1, test C: dynamic pointing and voice test, test D: pointing and voice test 2, test E: voice test.

doi:10.1371/journal.pone.0164988.g003

other animals were excluded because they chose the same side first while entering the test area for each training trial ($p = 0.008$, binomial bilateral test). Finally 16 piglets were used in the "previous signals exposure test" (Fig 3) and were considered as belonging to the "signals+" piglet group, while the remaining 12 piglets were not submitted to the "previous signals exposure test", defined as the "signals-" group.

Test conditions

After the familiarisation period, all tests took place using the same procedure: each group of tested piglets was moved from their home pen to the group area. The piglet to be tested was then introduced into the starting area by experimenter 1. A protective plastic board (0.4 m high with two metal gridded sides to ensure sound broadcasting) was present in the test area to protect the loudspeaker and prevent piglets from climbing on experimenter 2 who gave pointing signals. It allowed piglets to see above the hips of experimenter 2. A trial was ended either by a visit to a bowl—where the piglet touched a bowl or the 0.05 m wide disc around the bowl with its snout—or after 90 s if the piglet did not visit a bowl. Piglets which did not visit a bowl were pushed back to the group area by experimenter 2, and the rest of their training session was completed the following day. When a trial ended with a visit, the piglets could eat the reward if they visited the reward bowl first and were then pushed by experimenter 2 to the starting area to start a new trial or to the group area at the end of a test session. Experimenter 2 cleaned the bowls to prevent saliva or pheromone traces from misleading piglets. She then put

the reward in the bowl according to experimenter 1's visual indications (pointing to the bowls). The opaque starting areas walls kept piglets from seeing this preparation phase. The rewarding sides were balanced throughout with rewards placed on the same side no more than twice consecutively in any one session. Our objective was to submit piglets to at least 20 trials per signal as in the tests in Nawroth et al. [42]. We adapted the numbers of trials per daily session between tests according to piglets' signs of stress assessed by the occurrence of high-pitched screams and escape behaviour. The total number of trials was identical, however, trials per day varied slightly as sessions were postponed until the following day for piglets showing signs of stress.

“Previous signals exposure test” (test A). The test consisted of alternative exposure to four different signals:

- “Static pointing gesture”: experimenter 2 kneeled behind the protective board facing the piglet and pointed her finger toward the rewarding bowl (ipsilateral arm) before the piglet entered. The tip of her finger was situated about 0.3 m away from the bowl. She looked at a point above the starting area door to avoid eye contact. No sound was broadcasted.
- “Voice directed to the reward”: experimenter 2 placed the loudspeaker behind the protective board directed to the rewarding side and left the test area. Sound was broadcasted from 3 s before the entrance of the piglet until the end of the trial. The broadcast consisted of a female voice (315 ± 47 Hz) speaking for 3.35 s. The sentence was pronounced on an encouraging tone: “De ce côté, cochon. Allez. Par ici. Viens là” (UK version “On this side, pig. Come on. Over here. Come here”). Animals were accustomed mainly to male voices in the facilities therefore we chose an average female voice to minimise the influence of a previous voice experience. The voice was recorded with a microphone (MKH 50 P 48 Sennheiser, Germany) with a microphone module and an acoustic foam windscreen (K6/ME66 Sennheiser, Germany). The microphone was connected to an audio digital portable recorder (Portable Solid State recorder, PMD661 Marantz Professional, The Netherlands; amplitude resolution: 16 bits; sampling rate: 44.1 kHz) in WAV format. Recordings were prepared and fundamental frequency analysed with the Praat software (5.2.01, www.praat.org). Playbacks were broadcasted using a loudspeaker (MA-100su Mipro Electronics, Taiwan) at 80 ± 2 dB max sound pressure level (at 1 m from the source, determined using a sound level meter, SL-100 Voltcraft, Germany). At the end of a trial experimenter 2 (who stood outside during the trial) entered the test area when signalled by experimenter 1 to stop the broadcast and push back the piglet.
- “Static pointing gesture and voice directed towards the reward”: experimenter 2 kneeled behind the protective board and placed the loudspeaker in front of her knees, behind the protection and directed it to the rewarding side. Sound was broadcasted from 3 s before the entrance of the piglet. The kneeling experimenter pointed her finger toward the rewarding bowl (ipsilateral arm) before the piglet entered. She was facing the piglet and fixed her gaze on a point above the starting area door to avoid eye contact. The tip of the experimenter's finger was situated at about 0.3 m of the bowl. The voice signal was similar to the preceding signal.
- “Control”: experimenter 2 kneeled motionless behind the protective board, her arms resting on her thighs and she fixed her gaze on a point above the starting area door. No sound was broadcasted.

Sixteen piglets were tested in the “previous signals exposure test” (test A). The test lasted for 9 sessions distributed over 7 days. Piglets were submitted to at least one session per day with

two additional sessions distributed over two days (balanced across pen groups and days of testing). We started with three trials per signal (12 trials per session) on the first day but piglets showed signs of stress at the end of the session. We consequently adjusted the number of trials for the subsequent days and kept it to 10 trials per session. Each session included two training trials without the experimenter followed by two trials per signal displayed in a balanced order with no more than two identical consecutive signals in the same test session. In total, piglets received 19 trials per signal.

Tests with combinations of voice direction and pointing gesture, either static (tests B and D) or dynamic (test C). Tests B (pointing and voice test 1), C (dynamic pointing and voice test) and D (pointing and voice test 2) involved all 28 piglets. Each test consisted of only one type of combined signal: voice and static pointing gesture (test B and D), or voice and dynamic pointing gesture (test C). The aims were to determine the effect of simplifying the testing conditions (one type of signal only), to test the use of combinations of signals, and to test the effect of test experience on the results.

In the first “pointing and voice” test (test B) piglets were submitted to the “static pointing gesture and voice directed to the reward” signal, presented in the same conditions as in the “previous signals exposure test” (test A). None of the 16 piglets involved in test A had achieved the success criterion (i.e. had performed more successful trials than expected by chance, see data analysis) after 19 trials, thus we chose to reach a number of 30 trials which is the maximum number of training sessions piglets were submitted to in Nawroth et al. [42]. The test therefore lasted for five days with one session of six trials per day (30 trials in total). For this test the bowls were covered with a grey plastic pipe (0.3 m high, Ø 0.28 m) to prevent piglets from accessing the reward by themselves. Experimenter 2 removed the first visited pipe to show the bowl to the piglet and let it eat the reward if present. The piglet was then pushed back to the starting area by experimenter 2. She then cleaned the bowls and the pipes before rewarding one bowl again for the next trial according to a randomised order.

In the dynamic pointing and voice test (test C) piglets were submitted to a “dynamic pointing gesture and voice directed to the reward” signal. The test lasted for four days with one session of eight trials per day (32 trials in total). The signal was similar to the static pointing gesture with voice except that when the door opened, experimenter 2 repeatedly and slowly moved her arm to the rewarding pipe until the piglet had made a choice. The experimenter then dropped the reward in the pipe, stopped the broadcast, and removed the pipe to show to the piglet its choice. Experimenter 2 then pushed back the piglet to the starting area, cleaned the bowls and pipes and rewarded one of them on experimenter 1’s indications.

In the second “pointing and voice” test (test D) piglets were submitted to the “static pointing gesture and voice directed to the reward” similarly to test B. The test lasted for three days with one session of eight trials per day (24 trials in total). From the results of test C we considered 24 trials to be sufficient to calculate a success rate.

Voice direction only test (test E). Test E (voice test) was the last test. Only voice direction was used to indicate reward location to determine if this signal could be sufficient for piglets, in presence of experimenter 2. Sound was broadcasted from 3 s before the entrance of the piglet until the end of the trial. The experimenter knelt motionless with her arms resting on her thighs and she fixed her gaze on a point above the starting area door. Sixteen piglets were submitted to the test which lasted for two days with one session of 10 trials per day (20 trials in total). We had only two days left before transfer to the finishing pens, and thus could not test all the piglets. The sixteen piglets were selected due to their absence of side bias in the pointing and voice test 2 and their results in the dynamic pointing and voice test: 8 fulfilled the success criterion (21/32 successful trials) which provided a balanced group.

Table 2. Ethogram of the observed behaviours during tests.

Criteria	Description
Animal's first visit side	<i>Left:</i> animal had its snout within a max distance of 0.5 m around the left bowl
	<i>Right:</i> animal had its snout within a max distance of 0.5 m around the right bowl
Latency to visit the first bowl	Latency (seconds) from the opening of the starting area door until animal made a first visit
Look at the experimenter	<i>Absent:</i> no look at all after entry
	<i>Glance:</i> look less than 1 s after entry
	<i>Stare:</i> look more than 1s after entry
Contact with the experimenter	<i>Presence:</i> Any form of direct contact with experimenter 2: sniffing, touching, biting, stepping. . .
	<i>Absence:</i> no contact with experimenter 2
Trajectory	<i>Direct trajectory:</i> straight walk to the bowl
	<i>Indirect:</i> non-straight walk to the bowl. Any contact with experimenter 2 before a visit was considered as an indirect trajectory.

doi:10.1371/journal.pone.0164988.t002

Behavioural recordings

Table 2 summarises the behavioural recordings. Experimenter 1 recorded the latency to visit the first bowl and the side of the visit (Table 2), experimenter 2 recorded the looks at experimenter 2 and the physical contacts with her. These behavioural parameters were scored live. The trajectories to the bowl from the exit of the starting area were determined retrospectively from video recordings for the “previous signals exposure test”, and scored live by experimenter 1 for tests B to D.

Response evaluation

If the animal's first visit to a bowl was the rewarded one, the trial was defined as successful, otherwise as failed. The individual success rate was defined as the ratio of successful trials to the total number of trials. This rate was calculated for each signal in the “previous signals exposure test”, each session, and each test in the other tests. The proportions of looks, glances and stares at the experimenter before visiting a bowl were determined for each individual and per test for successful and failed trials, and per session. They were determined as the ratio of the number of looks, glances or stares to the total number of trials. The number of contacts with the experimenter and the total proportion of direct and indirect trajectories before visiting the first bowl were determined for each piglet by signal (test A) or test (test B to E), for successful and failed trials.

Data analysis

The R software [47] was used for the statistical analysis of data.

The “previous signals exposure test” (test A). Individual success rates were considered as significantly deviating from chance level for each signal when the number of successful trials was strictly above 13/19 trials (one-tailed binomial test, $p = 0.03$). Mixed linear models were used to analyse fixed factor effects and their interactions on the success rates and on the individual latencies to visit the first bowl. “Signal” was used as a fixed factor and “piglet” as random effect in the nlme package [48]. As conditions for parametric analyses were not met, even after transformation of the data, we used non parametric methods—Friedman and Mann and Whitney tests—to compare the individual latencies to visit the first bowl between signals for each trial outcome. We ran the same analysis for the individual proportions of total looks and stares

at the experimenter between trials for each signal with a Mann and Whitney test and then between the types of signals with a Friedman test. In both cases, we excluded the voice directed to the reward signals. Indeed in this case experimenter 2 was outside the test area. We ran the same analysis for the individual proportions of direct trajectories for each signal. Individual side preference was considered for each signal when the number of first visits to a bowl on the same side was strictly above 14/19 trials (two-tailed binomial test, $p = 0.02$).

Voice directed to the reward and variation of the quality of the pointing gesture: test B, C and D. At the group level, we compared the distributions of piglets achieving the success criterion or not between the test B, test C and test D with a χ^2 test and Fisher tests for two by two comparisons. We ran the same analyses for the distributions of total number of glances and stares at the experimenter between the three tests. As data were too scarce to perform statistical analysis, we can only report for each test the proportions of piglets reaching the success criterion and making/not making contact with the experimenter in at least one trial. Taking into account the outcome of the trial, a comparison between the number of animals which never used indirect trajectories and those which used at least one indirect trajectory in each test was made using Fisher's exact tests.

On an individual level, a side preference was considered to be present when the number of first visits to a bowl on the same side was significantly higher than it would be by chance (two-tailed binomial test, test B: 21/30 trials, $p = 0.04$; test C: 23/32 trials, $p = 0.02$; test D: 18/24 trials, $p = 0.02$). We compared the side preference distributions of animals between signals+ and signals- piglets with Fisher's exact test and between tests with a χ^2 test. Individual number of successful trials was considered as significantly different from chance level when above a determined threshold (one-tailed binomial test, test B: 19/30 trials, $p = 0.05$; test C: 21/32 trials, $p = 0.03$; test D: 16/24 trials, $p = 0.03$). We analysed the factors' effects and their interactions with mixed linear models for the individual success rates and the individual latencies to visit the first bowl. We found no significant interaction between piglet's group (signals+ and signals-) and trial outcome, thus it was removed from all the models. We ran the same analysis on the individual proportions of looks and stares at the experimenter transformed using the arcsine function to meet the ANOVA requirements. We used the nlme package [48] with "piglet" as random effect. Least square means were compared as post-hoc analyses using the lsmeans package [49]. We ran a first set of analyses to compare data between the test B, C and D. We included in the model concerning the individual success rates the following factors as fixed effects: "test", "previous signals exposition" (signals+ and signals- groups) and their interaction. We added in the models concerning the individual latencies to visit the first bowl a "trial outcome" (successful or failed) factor and its interaction with the "test" factor. We ran the same analysis for the individual proportions of looks and the individual proportions of stares at the experimenter. A second set of analyses compared data between the sessions of each test, repeating the same models for each test with a "session" factor instead of the "test" factor.

Voice test (test E). Individual success rates deviated significantly from chance level when the number of successful trials was strictly above 14/20 trials (one-tailed binomial test, $p = 0.021$). As conditions for parametric analyses were not met, we used Wilcoxon and Mann and Whitney tests to compare the individual success rates between sessions, previous signals exposure, groups of piglets, and trial outcome. We ran the same analysis for the individual latencies to visit the first bowl, the individual proportions of looks or stares, and the proportions of direct trajectories. Individual side preference was significant when the number of first visit to a bowl on the same side was strictly above 15/20 trials (two-tailed binomial test, $p = 0.04$).

Results

Spontaneous responses to voice direction, static pointing and their combination (test A, “previous signals exposure test”)

One piglet out of 16 tested reached the success criterion with the static pointing gesture (15/19 successful trials, $p = 0.01$). No piglet reached the success criterion for the other types of signals or for the control situation: all piglets succeeded in less than 13 trials. There were no differences between the types of signals on the individual success rates which were on average at chance level ($M \pm S.E.M. = 0.50 \pm 0.01$, $F_{3, 42} = 0.97$; $p = 0.42$; Fig 3).

It took about 3 s for piglets to reach the first bowl (Table 3). Comparisons between trial outcomes revealed that piglets were quicker (-29%) at visiting the empty bowl first than the rewarded bowl with the static pointing gesture ($W = 24$, $p = 0.04$; Table 3). There were no differences between the individual latencies to visit first the rewarded and the empty bowl for the other signals (voice direction: $W = 36$, $p = 0.19$; static pointing gesture and voice: $W = 65$, $p = 0.45$; control: $W = 58$, $p = 0.93$). Piglets took significantly more time to visit the empty bowl with the static pointing gesture than with the combination of static pointing gesture and human voice (+27%, $p = 0.05$). There was no difference for successful trials ($p = 0.08$).

Piglets looked at the experimenter in almost all trials and for all tested types of signals (min: 91 to max: 94% of trials per signal). Piglets looked in the same proportions, for successful and failed trials, for each type of signal (static pointing gesture: $W = 8.5$, $p = 0.75$; static pointing gesture and human voice: $W = 21$, $p = 0.27$; control: $W = 15$, $p = 0.93$). There was no influence of the type of signal on the proportion of looks (Md = 1.00 (0.95–1.00); Friedman $F = 1.03$, $df = 2$ $p = 0.60$). The trial outcome did not influence the proportion of stares for each type of signal (static pointing gesture: $W = 52$, $p = 0.32$; static pointing gesture and human voice: $W = 26$, $p = 0.92$; control: $W = 56$, $p = 0.85$), or between types of signal (Md = 0.42 (0.37–0.53); Friedman $F = 2.06$; $df = 2$; $p = 0.36$). Contacts with the experimenter before choosing a bowl were scarce; four piglets made contact with the experimenter eight times while she was providing the static pointing gesture, one piglet contacted the experimenter once while she was providing the static pointing gesture and human voice and another piglet did so once during the control signal.

Trajectories before visiting a bowl were mostly direct (min: 57 to max: 67% of trials per signal). We found no association between the trial outcome and the proportions of direct trajectories (static pointing gesture: $W = 73$, $p = 0.21$; voice directed to the reward: $W = 59$, $p = 0.36$; static pointing gesture and human voice: $W = 58$, $p = 0.92$; control: $W = 28$, $p = 0.69$). The type of signal influenced the proportion of direct trajectories (Friedman $F = 9.15$; $df = 3$; $p = 0.03$) but pairwise comparisons revealed these all to be non-significant (Md = 0.62 (0.44–0.86); $p > 0.05$).

For each signal four out of 16 piglets had no side preference, among them three piglets did not present a side preference for any signal. The majority of piglets went to the left bowl first.

Responses to the multi-signal tests: pointing and voice test 1, dynamic pointing and voice test, pointing and voice test 2 (tests B, C, D)

On 28 tested piglets, one piglet achieved the success criterion for the three tests, two piglets achieved the success criterion for two tests, and 12 piglets succeeded in one test. One piglet chose the empty bowl over the rewarded one, this was during test B. All other animals performed at chance level in all tests. The proportion of piglets reaching the success criterion significantly increased between test B (2/28) and C (10/28; $p = 0.02$); the number of piglets succeeding in test D (7/28) was in-between (Fig 3, $\chi^2 = 6.67$; $df = 2$; $p = 0.04$, Fig 3). The

Table 3. Results on individual latencies (s) to the first visit of a bowl, main statistical effects and probabilities. Results are presented either by mean \pm S.E.M. or median and interquartile (Q25–Q75). Friedman statistics are presented for test A: the “previous signals exposure test”; Fisher’s statistics for test B: the pointing and voice test 1, for test C: the dynamic pointing and voice test, for test D: the pointing and voice test 2, and for the comparison between test B, C and D; Wilcoxon and Mann and Whitney statistics for test E: the voice direction test. Values with different bold letters are significantly different on a same row and between two rows for groups of piglets.

Test, (number of animals)	Factor ^a	Type of signal ^b and session (S)					Factors, statistics and probabilities for all tested effects				
		S.P. S1 to S9	V. S1 to S9	S.P. & V. S1 to S9	Control S1 to S9	Test or session	Test A \pm	Trial outcome	Test or session x test A ^z	Test x trial outcome	
A (n = 15)	Trial outcome:										
	Success	3.4 (2.6 - 3.8)	3.3 (2.8 - 4.0)	3.2 (2.4 - 3.6)	3.3 (2.9 - 4.9)			6.84			
	Failing	4.2 a (3.3 - 5.6)	3.0 abc (2.6 - 3.7)	3.0 c (2.6 - 3.8)	3.4 ab (3.0 - 4.2)			8.04*			
B, C and D (n = 28)	Group:	B: S.P. & V. S1 to S5	C: D.P. & V. S1 to S4	D: S.P. & V. S1 to S3		20.84***	2.51	3.33	8.11***	1.61	
	Signals+	3.4 \pm 0.3 a	2.5 \pm 0.3 a	3.26 \pm 0.3 a							
	Signals-	5.3 \pm 0.4 b	2.8 \pm 0.4 a	3.1 \pm 0.4 a							
	Session:	S.P. & V. S1	S.P. & V. S2	S.P. & V. S3	S.P. & V. S4	S.P. & V. S5	3.91	2.41	1.32	0.52	
C (n = 28)	Group:	5.3 \pm 0.7 ab	6.2 \pm 0.7 b	4.9 \pm 0.7 ab	2.9 \pm 0.7 a						
	Signals+	D.P. & V. S1	D.P. & V. S2	D.P. & V. S3	D.P. & V. S4		1.02	0.06	3.66*	0.71	
	Signals-	2.8 \pm 0.2 abc	2.4 \pm 0.2 abc	2.4 \pm 0.2 abc	2.3 \pm 0.2 abc	9.51***					
	Session:	S.P. & V. S1	S.P. & V. S2	S.P. & V. S3	S.P. & V. S4	1.24	0.05	2.10	0.30	0.03	
D (n = 28)	Group:	2.8 \pm 0.2	3.4 \pm 0.4	3.4 \pm 0.3							
	Session:	V. & Pr. S1	V. & Pr. S2			39	34	302			
E (n = 16)	Group:	3.0 (2.4 - 3.5)	3.3 (2.6 - 4.1)								
	Session:										

^a Factors: Success: successful trial outcome, Group: Signals+ piglets; piglets involved in the “previous signals exposure test”, Signals- piglets; piglets not involved in the “previous signals exposure test”.

^b Type of signals: S.P.: static pointing gesture, V.: voice directed to the reward, S.P. & V.: static pointing gesture and voice directed to the reward; D.P. & V.: dynamic pointing gesture and voice directed to the reward; V. & Pr.: voice directed to the reward and experimenter’s presence.

*: $p < 0.05$

**: $p < 0.01$

***: $p < 0.001$.

individual success rates were higher for test C and D than for test B ($F_{2, 52} = 10.56, p < 0.01$; Fig 3). Animals did not succeed as a group for any test as the number of animals succeeding was always under 18/28 ($p > 0.96$). However, the total number of successful trials was higher than statistically expected for test C and D (test B: 433/836 $p = 0.16$; test C: 566/896 $p < 0.01$; test D: 413/671 $p < 0.01$). Latencies to visit the first bowl were higher for test B than for the subsequent tests ($p < 0.01$, Table 3). There was no effect of the trial outcome on the individual latencies to first visit neither in the statistical model including tests B to D ($p = 0.07$; successful trials $M = 3.40 \text{ s} \pm 0.14 \text{ s}$; failed trials $M = 3.23 \text{ s} \pm 0.13 \text{ s}$) nor in models done by test (test B: $p = 0.12$, test C: $p = 0.80$, test D: $p = 0.15$). There was no interaction between test and trial outcome ($p = 0.20$).

Piglets looked at the experimenter in almost all trials (min: 93% to max 94% of trials in first presentation of a static combination of signals test, the dynamic combination of signals test and the second presentation of a static combination of signals test). There was no significant effect of the test ($F_{2, 133} = 0.65, p = 0.52$) on the proportion of looks. The individual proportions of looks at the experimenter were significantly higher (+6.7%) in successful trials than in failed trials (successful trials $M = 96 \pm 1\%$; failed trials $M = 90 \pm 2\%$, $F_{1, 133} = 33.29, p < 0.01$; Fig 4A). If we consider only the trials with looks at the experimenter, glance and stare proportions significantly differed according to the test ($\chi^2 = 24.38$; $df = 2$; $p < 0.001$): stares in test B (92%) significantly decreased by 5.4% in test C (87%, $\chi^2 = 12.61$; $df = 1$; $p < 0.001$) and by 8.7% in test D (84%, $\chi^2 = 23.11$; $df = 1$; $p < 0.001$), stares in test C and D did not differ significantly ($\chi^2 = 2.06$; $df = 1$; $p = 0.15$). The individual proportions of stares during failed trials were significantly higher during test B than during the other tests (interaction between test and trial outcome: $F_{2, 133} = 5.43, p < 0.01$) and these proportions were also higher in successful trials than in failed trials for test C and D, but not for test B. We also found a significant effect of the test ($F_{2, 133} = 8.75, p < 0.01$) and of trial outcome ($F_{1, 133} = 86.82, p < 0.01$) on the individual proportions of stares at the experimenter.

There is no evidence of a clear link between contact with the experimenter and reaching the test success criterion. However, for test B, one in every two piglets who reached the success criterion made contact with the experimenter at least once before choosing a bowl *versus* 11/26 piglets who did not reach the success criterion. In test C, this represented two piglets out of six making contact with the experimenter *versus* 22/22 and in test D, six piglets out of seven making contact with the experimenter *versus* seven out of 22.

Indirect trajectories before the first visit to a bowl were scarce (min: 4 to max: 9% of trials per test) but piglets did not perform direct and indirect trajectories equally in all three tests ($\chi^2 = 16.93$; $df = 2$; $p < 0.001$). Direct trajectories in test D (91% of trials) were 5.2% lower than in test B (96%, $\chi^2 = 13.37$; $df = 1$; $p < 0.001$) and 4.2% lower than in test C (95%, $\chi^2 = 8.83$; $df = 1$; $p < 0.01$). There was no significant difference between tests B and C ($\chi^2 = 0.49$; $df = 1$; $p = 0.48$). We did not find any association between type of looks and trajectories for any test (test B: 92% of direct trajectories were associated with stares and 94% of indirect trajectories, $p = 1$; test C: 87% of direct trajectories were associated with stares and 89% of indirect trajectories, $p = 0.82$; test D: 83% of direct trajectories were associated with stares and 88% of indirect trajectories, $p = 0.46$). Piglets performing indirect trajectories had a two to three times higher chance of success in a trial: indirect trajectories in a trial were significantly more closely associated with successful trials (test B: $\chi^2 = 5.46$; $df = 1$; $p = 0.02$; successful trials: 6% of indirect trajectories, failed trials: 3%, test C: $\chi^2 = 5.46$; $df = 1$; $p = 0.02$ successful trials: 7%, failed trials: 3%, test D: $\chi^2 = 10.9$; $df = 1$; $p < 0.01$; successful trials: 12%, failed trials: 4%). However, one of the two animals that passed the first presentation of test B only performed direct trajectories; 13 piglets that did not pass the test performed at least one indirect trajectory. We found no association between the use of at least one indirect trajectory and achieving the success criterion,

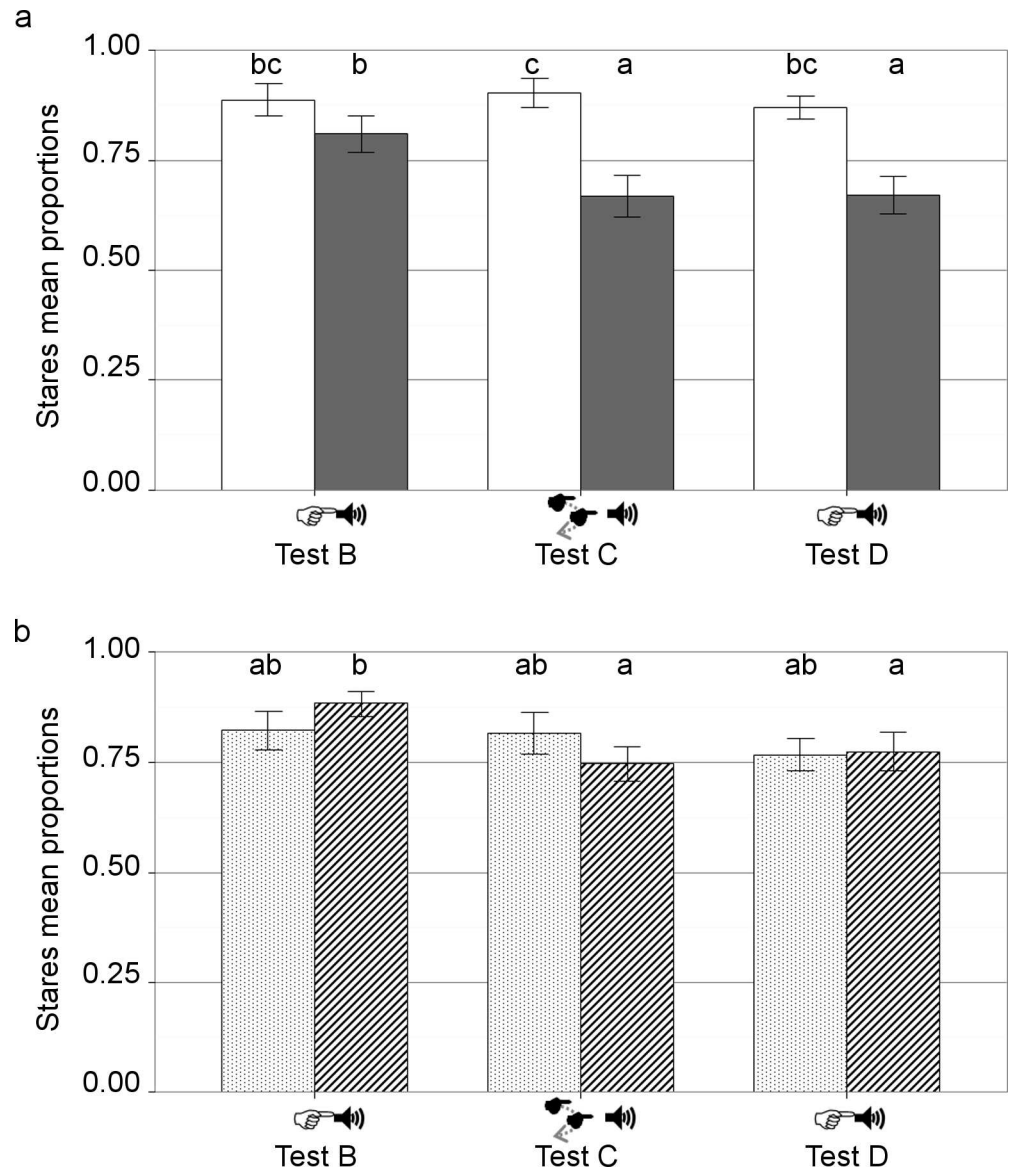


Fig 4. Stares at the experimenter differed according to trial outcomes and between piglet groups (n = 28). (a) Mean proportions of stares (\pm S.E.M.) are presented according to trial outcomes. White bars represent successful trials, grey bars represent failed trials. (b) Mean proportions of stares (\pm S.E.M.) are presented according to previous signal exposure. Dotted bars represent signals+ piglets previously exposed to signals in test A, striped bars represent signals- piglets not exposed to test A. Bars with different letters are significantly different ($p < 0.05$). Types of signals: S. pointing & Voice: static pointing gesture and voice directed to the reward; D. pointing & Voice: dynamic pointing gesture and voice directed to the reward. Tests: test B: pointing and voice test 1, test C: dynamic pointing and voice test, test D: pointing and voice test 2.

doi:10.1371/journal.pone.0164988.g004

either for test C ($p = 1$; 50% of piglets performed at least one indirect trajectory) or for test D ($p = 0.06$; 68% of piglets performed at least one indirect trajectory).

On 28 tested piglets, eight piglets did not show a side preference, eight piglets showed a side preference in one test, six piglets in two tests and six piglets in three tests. Eleven piglets did not show a side preference in test B, 12 in test C and 15 in test D. The majority of piglets went to the left bowl first in tests B and C and to the right bowl first in test D.

Responses to human voice provided alone in human presence (test E)

Only one piglet out of 16 reached the success criterion in test E (15/20 successful trials, $p = 0.02$), the other piglets succeeded in fewer than 12 trials. We did not observe any contact with the experimenter during the voice direction test. The individual proportions of direct trajectories did not significantly differ according to trial outcome ($W = 12$, $p = 0.83$, $Md = 100\%$ (89%–100%)). The individual latencies to visit the first bowl were not statistically influenced by the trial outcome ($V = 301.5$, $p = 0.16$, $Md = 3.00$ (2.20–3.80)). Trial outcome did not affect the individual proportions of looks at the experimenter ($V = 9.5$, $p = 0.92$). In 16 tested piglets, thirteen piglets did not show a side preference, one piglet went to the left bowl first and two on the right.

Evolution of responses across sessions of a same test (tests B, C, D, E)

We found no effect of session on success rate (test B: $F_{4, 104} = 0.27$, $p = 0.90$; test C: $F_{3, 78} = 1.48$, $p = 0.23$; test D: $F_{2, 52} = 0.25$, $p = 0.78$; test E: $V = 37$, $p = 0.91$, $Md = 0.50$ (0.50–0.67)). For test B, the latencies to visit the first bowl were significantly twice as long for the second session as for the two last sessions ($p = 0.001$, [Table 3](#)). The latencies to visit the first bowl in the first and third sessions were intermediate. There was no interaction between session and trial outcome ($p = 0.72$). In test C, there was also a significant effect of session on latencies to first visit ([Table 3](#)) but there was no interaction between session and trial outcome ($p = 0.55$). In test D, there was no effect of session ($p = 0.29$) and no interaction between session and trial outcome ($p = 0.97$, [Table 3](#)). In test E, The individual latencies to visit the first bowl did not statistically differ between sessions ($p = 0.24$, [Table 3](#)). The trial outcomes did not statistically influence the individual latencies to visit the first bowl either during the first session ($W = 147$, $p = 0.48$) or the second ($W = 155.5$, $p = 0.31$). We did not find statistical differences between sessions on the individual latencies to visit the first bowl either for successful trials ($V = 36$, $p = 0.10$) or for failed trials ($V = 46$, $p = 0.71$).

Consequences of previous exposure to signals (test A, groups signals+ and signals-) on responses to combinations of signals (tests B, C, D)

Previous signal exposure did not have a significant effect on the individual success rate (test B: $F_{1, 26} = 0.12$, $p = 0.73$; test C: $F_{1, 26} = 0.46$, $p = 0.50$; test D: $F_{1, 26} < 0.003$, $p = 0.96$). We found no significant effect on success rate of the interaction between the test factor and the previous signals exposure factor (signals+ versus signals-; $F_{2, 52} = 0.18$, $p = 0.84$).

There was no effect of previous signal exposure on the individual latencies to first visit calculated overall ($p = 0.12$) or by test (test B: $p = 0.06$, test C: $p = 0.32$, test D: $p = 0.83$). The individual latencies to visit the first bowl were nearly twice as long for test B as for the other two tests in signals- piglets only (interaction between test and previous signal exposure, $p < 0.01$, [Table 3](#)).

We found no significant effect of “previous signal exposure” on the individual proportion of looks at the experimenter ($F_{1, 26} = 0.001$, $p = 0.98$), no significant interactions between the test and previous signals ($F_{2, 133} = 0.62$, $p = 0.54$), and no significant interaction between test and trial outcome ($F_{2, 133} = 1.65$, $p = 0.20$). Signals- piglets stared significantly more at the experimenter during test B than during test C and D; there was no significant difference for signals + piglets ($F_{2, 133} = 3.99$, $p = 0.02$; [Fig 4B](#)). We did not find any effect of previous signals exposure ($F_{1, 26} = 0.04$, $p = 0.84$) on the proportion of stares at the experimenter.

There was no influence of involvement in test A on side preference for each test (Fisher exact tests: $p > 0.30$) and no difference between tests ($\chi^2 = 1.25$; $df = 2$; $p = 0.54$).

Consequences of previous exposure to signals (test A, groups signals + and signals-) on responses to human voice alone (test E)

In test E, previous signal exposure ($W = 141.5, p = 0.56$) did not influence the individual success rates which were at chance level ($Md = 0.50$ (0.50–0.67)). Signals+ piglets did not perform (success rate) better than signals- piglets either during the first session ($W = 39, p = 0.45$) or the second ($W = 33, p = 0.91$). Performances did not statistically differ between the first and the second session for signals+ ($V = 15, p = 0.93$) or signals- piglets ($V = 5.5, p = 0.68$). Previous signal exposure did not influence the individual latencies to visit the first bowl ($W = 34.0, p = 0.83$), the proportions of looks to the experimenter before choosing a bowl ($W = 145.5, p = 0.36, Md = 100\%$ (92%–100%)), or the proportion of stares ($W = 136, p = 0.71, Md = 91\%$ (80%–100%)).

Interactions between sessions experience and previous exposure to signals (test B, C, D)

For each test, we found no significant interaction on the individual success rates between sessions and previous signal exposure (test B: $F_{4, 104} = 0.55, p = 0.70$; test C: $F_{4, 78} = 0.05, p = 0.99$; test D: $F_{4, 52} = 0.66, p = 0.52$). In test C, for signals- piglets only, the individual latencies to visit the first bowl were significantly longer in the first two sessions than in the third session (first session: +59%; second session: +41%, (interaction between sessions and previous signal exposure: test B: $p = 0.26$, test C: $p = 0.01$, test D: $p = 0.74$)). Their individual latencies were also 59% longer for the first session than for the last session.

Discussion

Initially, piglets did not find the hidden reward in an object-choice task with a combination of auditory and visual signals. After training, they finally succeeded in the task with a combination of two signal types (auditory and visual signal, the latter being provided either statically or dynamically). However, they were not able to use auditory signals alone to find the reward. Piglets did improve their success rate over successive tests, in response to variations in signal type but maybe also in response to testing conditions (i.e. number of sessions). Piglets benefited from a change in the test conditions between “pointing and voice test 1” and “dynamic pointing and voice test” and possibly also from the repetition of the static combination of signals between the “pointing and voice tests” 1 and 2. Previous signal exposure impacted on the latency to visit the first bowl and the looks at the experimenter in the two “pointing and voice tests” and in the “dynamic pointing and voice test”. Moreover we noted associations of behaviour according to trial outcomes (finding the reward or not).

Spontaneously, piglets did not use voice direction, pointing, or a combination of pointing and voice direction to find a hidden reward in our conditions. The latency to visit the first bowl was low in the “previous signals exposure test” (mean 3 to 4.2 s) which might illustrate that piglets understood they had to find the reward in one bowl. Animals were attentive to the experimenter’s presence as they looked at her before choosing in at least 91% of trials but they did not seem to take into account the signals, as the success rates and the number of animals reaching our success criteria remained low. The alternation of visual, auditory or combination of signals in the test may have been troubling for animals, randomly calling to their different senses.

However, piglets reacted differently to the various types of signals emitted during the “previous signals exposure test”, which indicated that they were able to discriminate them, as previously reported in studies on handler discrimination relying on different sensorial cues or signals [34]. The higher level of differences concerned the latency to choose a bowl when the

animals failed to find the reward: it was higher with the static pointing gesture than with the other signals. This suggests this signal, associated with an out-stretched arm, might be threatening for piglets or related to an avoidance response to handlers [50]. Nevertheless, the latency was not higher with the combination of static pointing gesture and voice directed to the reward and piglets did not significantly fail more with the static pointing gesture. Thus they did not avoid this signal. Probably that recording eyes orientations or behavioural signs of attention to the experimenter or the signal [21] would help to complete the information.

Despite differences in experimental set-up, our results (no use of a pointing gesture) are in agreement with Albiach-Serrano et al. [41]. On the contrary, pigs used a pointing gesture directed toward a hidden reward in Nawroth et al. [42]. Although experimental designs were close between our study and the latter, discrepancies in the training sessions and the test selection criteria existed. Indeed Nawroth et al. [42] mainly selected animals on their ability to follow the experimenter's arm holding a grape from one bowl to the other and strictly choosing the rewarded bowl which presented similarities with the pointing gestures. It may have impacted the results by facilitating the task. This will have to be confirmed by comparing performances of naive pigs (as in our study) and pigs used to seeing a human holding a reward (as in [42]).

Finally the domestic pigs we used in this experiment did not seem to share the spontaneous abilities of dogs to follow the human pointing gesture or the voice direction to find a hidden reward [16, 17, 19]. Therefore our results do not support the domestication hypothesis reported in dogs, which may be partly due to the different methods used [16]. Although domestication may have increased pigs' capacities to communicate with humans, their everyday living experience may be poorer than that of dogs, restricting the extent to which these capacities are expressed in pigs. The role of early experience (i.e. early socialization in [13]) seems to be quite important for the development of the human-animal relationship, and this may impact the later interactive capacities of animals. Comparing performances of extensively handled piglets and puppies as well as less (or not) handled piglets and puppies would help to discriminate the effects of domestication from those of early experience.

Use of combined pointing gesture and human voice direction to find a hidden reward by pigs was possible in our experiment from the third test. Another mechanism which could affect piglets' success could be a local enhancement created by the combination of signals (voice and pointing gesture, either dynamic or static). In both tests, the piglets' attention could have been driven to the rewarding location by the signals. In certain conditions both pointing gestures can be used by piglets to find a hidden reward [42]. The local enhancement theory is sometimes argued in the comprehension of the pointing gesture in species expressing cooperative behaviour of benefit to conspecifics [13], such as [51] alarm barks or shared maternal care in pigs. These ideas need confirmation, including comparisons on the same task with other cooperative species. Yet, they still do not explain why several piglets were successful in the dynamic pointing and voice test but not in the subsequent static pointing and voice test.

Some piglets may have needed a clear demonstration of the positioning of the reward to succeed. Others may have needed more trials to understand the task. The first hypothesis is that the movement of the arm helped the piglets to understand the task they had to complete. Before we used dynamic pointing and voice, piglets had never seen the experimenter rewarding the containers, so they might have not understood that the experimenter was giving information about the rewarding location. Nawroth et al. [52] showed that piglets have limited abilities in mental representation of movements of hidden objects. They can use a signal to find a reward after seeing its displacement from one container to another but not when the reward is hidden. Showing piglets the rewarding process by using a dynamic pointing gesture might have helped them understand the test conditions. This may be important for some piglets, as eight

out of ten piglets which succeeded in using the dynamic pointing gesture did not succeed in the next test when the reward was hidden again before the trial and the signal was no longer dynamic. A second hypothesis that may be complementary for certain piglets or possibly the only mechanism for others, is that the repetition of trials during the experiment helped the piglets to understand the task. We did not find learning patterns between test sessions, which corresponded to our expectation as we did not want piglets to learn but wanted to test their spontaneous behaviour. Nawroth and von Borell [45] reported that piglets needed up to 72 or 84 trials to reach the success criterion using visual or auditory signals respectively in the same sessions of a test. This large number of trials would be closer to a training process instead of simply testing pigs' spontaneous inter-specific communicational capacities. In our study, piglets had a maximum of 32 trials in one test, but those that were involved in the first two tests had had 49 trials with static pointing and voice direction combination, which is substantially below 72. However, at the last test, piglets had already undergone 81 trials with pointing (static and dynamic) and voice. This is perhaps why some of them succeeded at this test. We could not test the improvement along trials or sessions between tests, as they combined differences in the signals and in the sessions' organisation. If we combine these hypotheses, it would mean spontaneous use of pointing and voice direction is unlikely under our experimental/test conditions, and that some learning is necessary.

We wanted to determine if auditory signals alone could be sufficient for piglets to succeed. This was not the case. This means that piglets might have relied more on the pointing gestures than on the voice when the two signals were used in combination, however, this does not mean they do not have the capacity to use voice direction. As pigs preferentially rely on visual cues in their foraging behaviour [53]; their attention to the auditory signal might have been reduced when tested, as they were focusing on the visual information. Similar findings were observed in chimpanzees which were given a combination of gaze and vocalization signals to retrieve a hidden reward [27]. Emitting one signal after the other or both signals together did not seem to influence the results. The human vocalizations were considered more to be gathering attention to the situation than to the reward. Precautions are still needed as the pointing gestures were not tested alone at the end of our experiment, thus we cannot assume that pointing alone (after an extensive experience of combined visual and auditory signals) would be sufficient for piglets to succeed. Methodological points may also have interfered. Indeed, piglets could hear the recordings just before we opened the starting area (as the playback started 3s before for practical reasons). This might have compromised their ability to associate the voice with the task [54].

In our study only two piglets reached the success criterion both with the dynamic and the static combinations of signals. This result does not confirm those observed in dogs [13] or dolphins [23] which react similarly to both static and dynamic pointing gestures. Seabrook and Bartle [33] underlined the importance of individuality in the reactions of pigs to signals, some may be more sensitive to static signals and other to dynamic ones. This could explain why one piglet succeeded with only voice direction as a signal. This piglet may preferentially use sounds when communicating with humans. Identifying piglets which are sensitive to specific signals could facilitate working with the animals, by adapting human behaviour. Relying on pigs' ability to transmit behaviours and information and learn from each other [55], understanding of human-given signals could thereafter be transferred to the other pigs.

Finally we found no spontaneous response to signals, so it is likely that attention mechanisms or learning capacities were involved in this process. The lack of a signal aimed at attracting the attention of the piglets to the experimenter before a session may have compromised the outcome of the test. Indeed it has been reported that in the same task, even in dogs, there is a much lower success rate when signals are provided without first obtaining the attention of the

test subject and establishing eye-contact [56]. In our design, we made the assumption that the proximity of the rewarded bowl and the experimenter would promote the comprehension of pointing gesture. We cannot exclude the theory that the ability to learn to use the combination of signals may be a result of domestication in piglets [17], even if learning abilities are moderately heritable and variable among individuals [57]. Testing the hypothesis would require comparisons of the spontaneous and/or learning capacities of domestic pigs with their wild counterparts.

The assured impact of experience (trial repetition, movement of the arm) is also demonstrated clearly by the fact that previous signal exposure (signals+ group) modified the responses to subsequent tests (latencies to the first visit, stares) and seemed to accelerate familiarization to the test conditions. No further differences were found for latency to visit the first bowl between sessions after the second test (test B, pointing and voice test 1) for pre-exposed piglets, while it continued to decrease for naïve piglets not exposed to the situation (signals-). Pre-exposed piglets also stared more at the experimenter during the first static pointing gesture and voice test than during the following tests. Experience may explain these variations as pre-exposure sped up the trials and increased attention to the experimenter. The process we used to select piglets that could be exposed to the first test (number of visits to the bowl, no stress vocalizations, handling ease. . .) might also have had a causative role in the behavioural differences we observed. Selecting animals on their reactivity (stress reactions, difficulties to handle) in the test area might have created a reactivity bias [57] between the groups, with the non-exposed group being more likely to include animals which had difficulty adapting to the test conditions. Nonetheless, we did not find differences in side preference between them, even though it was one of the selection criteria. In addition, the success rate was similar therefore they had the same cognitive capacities.

Behavioural differences between both groups can be further explained by the delay of 13 days between the last day of familiarisation and the first presentation of a static combination of signals test. During this period, signals- piglets were not exposed to signals and test conditions. According to Waiblinger et al. [58], test conditions in terms of novelty of the environment and isolation of the social group can impact animal responses in a test. For signals- piglets, the unusual test conditions applied in the first presentation of a static combination of signals test contributed to the unstable latencies to the first visit of a bowl and the higher proportions of stares at the experimenter. Our methodology could thus be improved by more training trials for signals- piglets in order to better acclimatize them to the test conditions.

We identified behaviours associated with trial outcome success when piglets were submitted to the dynamic combination of signals test and the second presentation of the static combination of signals test. Piglets had better chances of success when using indirect trajectories or looking longer at the experimenter before choosing, which could reflect non-impulsive response behaviour. In the study of Nawroth et al. [59] impulsivity corresponded to a lower latency to respond to the task. This was linked to higher piglet success rates. Non-impulsivity would help the pigs to analyse the situation before the response. Due to our lack of successful piglets, we could not test the link between latencies and the success rate of each piglet, to make our results comparable to the ones of Nawroth. However, this preliminary result could be indicative of preferential behaviours associated with success in object-choice tasks. This could be complementary to latency of response proposed by Nawroth et al [59]. In our setup, the chance of success in a trial was not linked to the latency to respond. Longer distances from the starting area or more numerous bowls could complicate the task and help identify other potential strategies, but this would apply only to designs with higher success rates.

Side preferences were present in the “previous signals exposure test”, however, piglets were specifically selected for their absence of side preference during training. This bias also appeared

in other studies including goats [21] and piglets [42] and may not be the best indicator to recommend for selection criteria in experiments involving temperamental indicators. Balancing the positioning of the reward is thus an extremely important step in the design of this type of study as it appears difficult to prevent piglets from expressing side preferences.

Conclusion

Piglets were able to use two combinations of visual and auditory signals to find a reward in an object-choice task. Individual success can be explained by two components: the repetition of the test situation including repeated exposure to the combination of signals and/or the change in the signal visual component. The use of the direction of voice by only one piglet in the last test supports the hypothesis of a preferential use of the visual component during exposure to the combinations of signals. Piglets staring at the experimenter and performing indirect trajectories increased their chances of success. Previous exposure to different signals familiarized piglets with testing conditions and stabilized their response more quickly in terms of latency of visit. Individual sensitivity to types of signals should be considered in future research. This would better identify clear interspecific signals in species which were not selected on their abilities to communicate through the same channels as us. The use of only one voice in this study excluded the potential impact of the physical characteristics of the human voice. The sensitivity of piglets to particular characteristics of the human voice needs more attention in further investigations.

Supporting Information

S1 File. Data set.
(XLSX)

Acknowledgments

The authors would like to thank Dr. Xavier Boivin for his critical lecture of the manuscript, Anna Sinclair and Jane Williams for English editing. Many thanks to Michel Lefebvre for building the apparatus and to Lauriane Bouchon for her help in the preparation of the experiment. We would like to acknowledge the piggery staff involved in the work.

Author Contributions

Conceptualization: CT MCMS SB.

Data curation: CT MCMS SB MC.

Formal analysis: CT MCMS SB MC.

Funding acquisition: CT MCMS.

Investigation: CT MCMS SB MC.

Methodology: CT MCMS SB MC.

Project administration: CT.

Supervision: CT MCMS.

Writing – original draft: SB.

Writing – review & editing: CT MCMS.

References

1. Hinde RA. Describing relationships. *J Child Psychol Psychiatry Allied Discip.* 1976; 17(1):1–19. doi: [10.1111/j.1469-7610.1976.tb00370.x](https://doi.org/10.1111/j.1469-7610.1976.tb00370.x) PMID: [WOS:A1976BE90200001](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/19766902/).
2. Wilson EO. *Communication: basic principles.* Sociobiology The abridged edition the Belknap Press of Harvard University Press; 1980. p. 90–9.
3. Galinon-Méléneec B. Introduction. In: *Communication et Développement des Hommes d'EdT*, editor. Homme / Animal: quelles relations? Quelles communications? Dieppe: Universités de Rouen et du Havre; 2003. p. 15–9.
4. Von Uexküll J. An introduction to Umwelt. *Semiotica.* 2001; 2001(134):107. doi: [10.1515/semi.2001.017](https://doi.org/10.1515/semi.2001.017)
5. Hauser MD. *Synopsis of the Argument. The evolution of communication:* MIT Press; 1996. p. 1–16.
6. Schusterman RJ, Gisiner R, Hanggi EB. Imprinting and other aspects of pinniped-human interactions. In: Davis H, Balfour DA, editors. *The inevitable bond Examining scientist-animal interactions:* Cambridge University Press; 1992. p. 334–56.
7. Davis H, Norris C, Taylor A. Wether ewe know me or not: the discrimination of individual humans by sheep. *Behav Processes.* 1998; 43(1):27–32. doi: [10.1016/S0376-6357\(97\)00082-X](https://doi.org/10.1016/S0376-6357(97)00082-X) PMID: [24897637](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24897637/)
8. Podberscek AL, Blackshaw JK, Beattie AW. The behavior of laboratory colony cats and their reactions to a familiar and unfamiliar person. *Applied Animal Behaviour Science.* 1991; 31(1–2):119–30. doi: [10.1016/0168-1591\(91\)90159-u](https://doi.org/10.1016/0168-1591(91)90159-u) PMID: [WOS:A1991FW27300012](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/199172300012/).
9. Martin-Malivel J, Fagot J. Perception of pictorial human faces by baboons: Effects of stimulus orientation on discrimination performance. *Anim Learn Behav.* 2001; 29(1):10–20. doi: [10.3758/bf03192812](https://doi.org/10.3758/bf03192812) PMID: [WOS:000167677900002](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/000167677900002/).
10. Rybarczyk P, Koba Y, Rushen J, Tanida H, de Passillé AM. Can cows discriminate people by their faces? *Applied Animal Behaviour Science.* 2001; 74(3):175–89. doi: [10.1016/S0168-1591\(01\)00162-9](https://doi.org/10.1016/S0168-1591(01)00162-9)
11. Kalmus H. The discrimination by the nose of the dog of individual human odours and in particular of the odours of twins. *The British Journal of Animal Behaviour.* 1955; 3(1):25–31. doi: [10.1016/S0950-5601\(55\)80072-X](https://doi.org/10.1016/S0950-5601(55)80072-X)
12. McComb K, Shannon G, Sayialel KN, Moss C. Elephants can determine ethnicity, gender, and age from acoustic cues in human voices. *Proc Natl Acad Sci U S A.* 2014. Epub 2014/03/13. doi: [10.1073/pnas.1321543111](https://doi.org/10.1073/pnas.1321543111) PMID: [24616492](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24616492/).
13. Miklósi A, Soproni K. A comparative analysis of animals' understanding of the human pointing gesture. *Anim Cogn.* 2006; 9(2):81–93. doi: [10.1007/s10071-005-0008-1](https://doi.org/10.1007/s10071-005-0008-1) PMID: [WOS:000237636100001](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/000237636100001/).
14. Vitale Shreve KR, Udell MA. What's inside your cat's head? A review of cat (*Felis silvestris catus*) cognition research past, present and future. *Anim Cogn.* 2015; 18(6):1195–206. Epub 2015/07/15. doi: [10.1007/s10071-015-0897-6](https://doi.org/10.1007/s10071-015-0897-6) PMID: [26154131](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26154131/).
15. Bräuer J, Kaminski J, Riedel J, Call J, Tomasello M. Making inferences about the location of hidden food: social dog, causal ape. *J Comp Psychol.* 2006; 120(1):38–47. Epub 2006/03/23. doi: [10.1037/0735-7036.120.1.38](https://doi.org/10.1037/0735-7036.120.1.38) PMID: [16551163](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/16551163/).
16. Hare B, Rosati A, Kaminski J, Bräuer J, Call J, Tomasello M. The domestication hypothesis for dogs' skills with human communication: a response to Udell et al. (2008) and Wynne et al. (2008). *Animal Behaviour.* 2010; 79(2):e1–e6. doi: [10.1016/j.anbehav.2009.06.031](https://doi.org/10.1016/j.anbehav.2009.06.031)
17. Hare B, Tomasello M. Human-like social skills in dogs? *Trends Cogn Sci.* 2005; 9(9):439–44. doi: [10.1016/j.tics.2005.07.003](https://doi.org/10.1016/j.tics.2005.07.003) PMID: [16061417](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/16061417/)
18. Hare B, Plyusnina I, Ignacio N, Schepina O, Stepika A, Wrangham R, et al. Social Cognitive Evolution in Captive Foxes Is a Correlated By-Product of Experimental Domestication. *Current Biology.* 2005; 15(3):226–30. doi: [10.1016/j.cub.2005.01.040](https://doi.org/10.1016/j.cub.2005.01.040) PMID: [15694305](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/15694305/)
19. Udell MAR, Giglio RF, Wynne CDL. Domestic dogs (*Canis familiaris*) use human gestures but not non-human tokens to find hidden food. *J Comp Psychol.* 2008; 122(1):84–93. doi: [10.1037/0735-7036.122.1.84](https://doi.org/10.1037/0735-7036.122.1.84) PMID: [18298285](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/18298285/)
20. Proops L, Walton M, McComb K. The use of human-given cues by domestic horses, *Equus caballus*, during an object choice task. *Animal Behaviour.* 2010; 79(6):1205–9. doi: [10.1016/j.anbehav.2010.02.015](https://doi.org/10.1016/j.anbehav.2010.02.015)
21. Kaminski J, Riedel J, Call J, Tomasello M. Domestic goats, *Capra hircus*, follow gaze direction and use social cues in an object choice task. *Animal Behaviour.* 2005; 69(1):11–8. doi: [10.1016/j.anbehav.2004.05.008](https://doi.org/10.1016/j.anbehav.2004.05.008)
22. Miklósi A, Kubinyi E, Topál J, Gácsi M, Virányi Z, Csányi V. A Simple Reason for a Big Difference: Wolves Do Not Look Back at Humans, but Dogs Do. *Current Biology.* 2003; 13(9):763–6. doi: [10.1016/S0960-9822\(03\)00263-X](https://doi.org/10.1016/S0960-9822(03)00263-X) PMID: [12725735](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/12725735/)

23. Pack AA, Herman LM. Bottlenosed dolphins (*Tursiops truncatus*) comprehend the referent of both static and dynamic human gazing and pointing in an object-choice task. *J Comp Psychol.* 2004; 118(2):160–71. doi: [10.1037/0735-7036.118.2.160](https://doi.org/10.1037/0735-7036.118.2.160) PMID: [WOS:000222216100005](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/16100005/).
24. Scheumann M, Call J. The use of experimenter-given cues by South African fur seals (*Arctocephalus pusillus*). *Anim Cogn.* 2004; 7(4):224–30. doi: [10.1007/s10071-004-0216-0](https://doi.org/10.1007/s10071-004-0216-0) PMID: [WOS:000224901300004](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/1300004/).
25. Hernádi A, Kis A, Turcsán B, Topál J. Man's Underground Best Friend: Domestic Ferrets, Unlike the Wild Forms, Show Evidence of Dog-Like Social-Cognitive Skills. *PLOS ONE.* 2012; 7(8):e43267. doi: [10.1371/journal.pone.0043267](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0043267)
26. Smet AF, Byrne RW. Interpretation of human pointing by African elephants: generalisation and rationality. *Anim Cogn.* 2014; 17(6):1365–74. doi: [10.1007/s10071-014-0772-x](https://doi.org/10.1007/s10071-014-0772-x) PMID: [WOS:000343884800012](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24807249/).
27. Call J, Agnetta B, Tomasello M. Cues that chimpanzees do and do not use to find hidden objects. *Anim Cogn.* 2000; 3(1):23–34.
28. Byrmit JT. Gorillas' (*Gorilla gorilla*) use of experimenter-given manual and facial cues in an object-choice task. *Anim Cogn.* 2009; 12(2):401–4. doi: [10.1007/s10071-008-0200-1](https://doi.org/10.1007/s10071-008-0200-1) PMID: [18925419](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/18925419/)
29. Rossano F, Nitzschner M, Tomasello M. Domestic dogs and puppies can use human voice direction referentially. *Proc Biol Sci.* 2014; 281(1785):20133201. Epub 2014/05/09. doi: [10.1098/rspb.2013.3201](https://doi.org/10.1098/rspb.2013.3201) PMID: [24807249](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24807249/); PubMed Central PMCID: [PMC4024281](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/PMC4024281/).
30. Plotnik JM, Pokorny JJ, Keratimanochaya T, Webb C, Beronja HF, Hennessy A, et al. Visual cues given by humans are not sufficient for Asian elephants (*Elephas maximus*) to find hidden food. *PLOS ONE.* 2013; 8(4):e61174. Epub 2013/04/25. doi: [10.1371/journal.pone.0061174](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0061174) PMID: [23613804](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23613804/); PubMed Central PMCID: [PMC3629237](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/PMC3629237/).
31. Plotnik JM, Shaw RC, Brubaker DL, Tiller LN, Clayton NS. Thinking with their trunks: elephants use smell but not sound to locate food and exclude nonrewarding alternatives. *Animal Behaviour.* 2014; 88:91–8. doi: [10.1016/j.anbehav.2013.11.011](https://doi.org/10.1016/j.anbehav.2013.11.011)
32. Weaver W. Recent contributions to the mathematical theory of communication. 1949: 12.
33. Seabrook MF, Bartle NC. Human Factors. In: Phillips CJC, Piggins D, editors. *Farm Animals and the Environment.* Cambridge: CAB International; 1992. p. 111–25.
34. Tanida H, Nagano Y. The ability of miniature pigs to discriminate between a stranger and their familiar handler. *Applied Animal Behaviour Science.* 1998; 56(2–4):149–59. doi: [10.1016/S0168-1591\(97\)00095-6](https://doi.org/10.1016/S0168-1591(97)00095-6) PMID: [WOS:000072927300007](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/1300007/).
35. Giuffra E, Kijas JMH, Amarger V, Carlborg O, Jeon JT, Andersson L. Origin of the Domestic Pig: Independent Domestication and Subsequent Introgression. *Genetics.* 2000; 54: 1785–1791.
36. Heffner RS, Heffner HE. Hearing in domestic pigs (*Sus scrofa*) and goats (*Capra hircus*). *Hearing Research.* 1990; 48(3):231–40. doi: [10.1016/0378-5955\(90\)90063-U](https://doi.org/10.1016/0378-5955(90)90063-U) PMID: [2272932](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/2272932/)
37. Titze IR. Voice classification and life-span changes. *Principles of Voice Production.* second edition ed. Iowa City: National Center for Voice and Speech; 2000. p. 185–210.
38. Tallet C, Linhart P, Policht R, Hammerschmidt K, Simecek P, Kratinova P, et al. Encoding of Situations in the Vocal Repertoire of Piglets (*Sus scrofa*): A Comparison of Discrete and Graded Classifications. *PLOS ONE.* 2013; 8(8). doi: <http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0071841> PMID: [WOS:000323115800086](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/2311580086/).
39. Collin S, Bensoussan S, Courboulay V, Kling-Eveillard F, Meunier-Salaün MC, Tallet C. Enquête sur les pratiques de communication des éleveurs de porcs avec leurs animaux. *Journées de la recherche porcine; 2nd and 3rd february 2016; Paris.* non: Institut de la Filière Porcine; 2016.
40. Rushen J, Taylor AA, de Passillé AM. Domestic animals' fear of humans and its effect on their welfare. *Applied Animal Behaviour Science.* 1999; 65(3):285–303. doi: [10.1016/S0168-1591\(99\)00089-1](https://doi.org/10.1016/S0168-1591(99)00089-1)
41. Albiach-Serrano A, Bräuer J, Cacchione T, Zickert N, Amici F. The effect of domestication and ontogeny in swine cognition (*Sus scrofa scrofa* and *S. s. domestica*). *Applied Animal Behaviour Science.* 2012; 141(1–2):25–35. doi: [10.1016/j.applanim.2012.07.005](https://doi.org/10.1016/j.applanim.2012.07.005) PMID: [WOS:000309569600004](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/2309569600004/).
42. Nawroth C, Ebersbach M, Von Borell E. Juvenile domestic pigs (*Sus scrofa domestica*) use human-given cues in an object choice task. *Anim Cogn.* 2013 27 november 2013. Available: <http://link.springer.com/article/10.1007/s10071-013-0702-3>
43. Tornick JK, Gibson BM, Kispert D, Wilkinson M. Clark's nutcrackers (*Nucifraga columbiana*) use gestures to identify the location of hidden food. *Anim Cogn.* 2011; 14(1):117–25. Epub 2010/09/15. doi: [10.1007/s10071-010-0349-2](https://doi.org/10.1007/s10071-010-0349-2) PMID: [20838837](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/20838837/).

44. Gieling ET, Nordquist RE, van der Staay FJ. Assessing learning and memory in pigs. *Anim Cogn*. 2011; 14(2):151–73. Epub 2011/01/05. doi: [10.1007/s10071-010-0364-3](https://doi.org/10.1007/s10071-010-0364-3) PMID: [21203792](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/21203792/); PubMed Central PMCID: PMC3040303.
45. Nawroth C, von Borell E. Domestic pigs' (*Sus scrofa domestica*) use of direct and indirect visual and auditory cues in an object choice task. *Anim Cogn*. 2015; 18(3):757–66. Epub 2015/02/05. doi: [10.1007/s10071-015-0842-8](https://doi.org/10.1007/s10071-015-0842-8) PMID: [25650328](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25650328/).
46. Signoret JP, Baldwin BA, Fraser D, Hafez ESE. The Behaviour of Swine. In: Hafez ESE, editor. *The behaviour of domestic animals*. 3rd edition ed. Londres: Baillière Tindall; 1975. p. 295–329.
47. R Core Team. R: A language and environment for statistical computing. 3.1.1 ed. Vienna, Austria: R Foundation for Statistical Computing; 2014.
48. Pinheiro J, Bates D, DebRoy S, Sarkar D, Team RC. `nlme`: Linear and Nonlinear Mixed Effects Models. R package. 3.1–120 ed2015.
49. Lenth R. `lsmeans`: Least-Squares Means. 2.20–2. ed2015.
50. Hemsforth PH, Gonyou HW, Dziuk PJ. Human-communication with pigs—the behavioral response of pigs to specific human signals. *Applied Animal Behaviour Science*. 1986; 15(1):45–54. doi: [10.1016/0168-1591\(86\)90021-3](https://doi.org/10.1016/0168-1591(86)90021-3) PMID: [WOS:A1986C409800006](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/WOS:A1986C409800006/).
51. Fraser D, Kramer DL, Pajor EA, Weary DM. Conflict and cooperation: sociobiological principles and the behaviour of pigs. *Applied Animal Behaviour Science*. 1995; 44(2–4):139–57. doi: [10.1016/0168-1591\(95\)00610-5](https://doi.org/10.1016/0168-1591(95)00610-5)
52. Nawroth C, Ebersbach M, von Borell E. A note on pigs' knowledge of hidden objects. *ARCHIV FÜR TIERZUCHT-ARCHIVES OF ANIMAL BREEDING*. 2013; 56:861–72. doi: [10.7482/0003-9438-56-086](https://doi.org/10.7482/0003-9438-56-086)
53. Croney CC, Adams KM, Washington CG, Stricklin WR. A note on visual, olfactory and spatial cue use in foraging behavior of pigs: indirectly assessing cognitive abilities. *Applied Animal Behaviour Science*. 2003; 83(4):303–8. doi: [10.1016/s0168-1591\(03\)00128-x](https://doi.org/10.1016/s0168-1591(03)00128-x) PMID: [WOS:000185813900006](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/WOS:000185813900006/).
54. Kirchner J, Manteuffel G, Schrader L. Individual calling to the feeding station can reduce agonistic interactions and lesions in group housed sows. *J Anim Sci*. 2012; 90(13):5013–20. Epub 2013/02/02. doi: [10.2527/jas.2011-4478](https://doi.org/10.2527/jas.2011-4478) PMID: [23372046](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23372046/).
55. Nicol CJ, Pope SJ. Social learning in sibling pigs. *Applied Animal Behaviour Science*. 1994; 40(1):31–43. doi: [10.1016/0168-1591\(94\)90085-X](https://doi.org/10.1016/0168-1591(94)90085-X)
56. Agnetta B, Hare B, Tomasello M. Cues to food location that domestic dogs (*Canis familiaris*) of different ages do and do not use. *Animal Cognition*. 2000; 3: 107–112. doi: [10.1007/s100710000070](https://doi.org/10.1007/s100710000070)
57. Jensen P. *The Ethology of Domestic Animals: An Introductory Text*. CABI Pub.; 2002.
58. Waiblinger S, Boivin X, Pedersen V, Tosi M- V, Janczak AM, Visser EK, et al. Assessing the human–animal relationship in farmed species: A critical review. *Applied Animal Behaviour Science*. 2006; 101(3–4):185–242. doi: [10.1016/j.applanim.2006.02.001](https://doi.org/10.1016/j.applanim.2006.02.001)
59. Nawroth C, Ebersbach M, von Borell E. Are juvenile domestic pigs (*Sus scrofa domestica*) sensitive to the attentive states of humans?—The impact of impulsivity on choice behaviour. *Behav Processes*. 2013; 96:53–8. Epub 2013/03/19. doi: [10.1016/j.beproc.2013.03.002](https://doi.org/10.1016/j.beproc.2013.03.002) PMID: [23500190](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23500190/).

DISCUSSION GENERALE

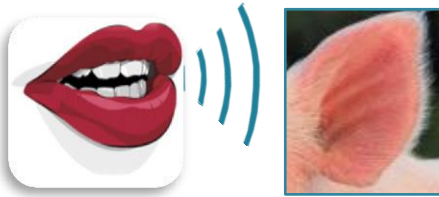
RAPPEL DU CONTEXTE ET DES OBJECTIFS

La relation homme-animal se construit à partir de la quantité et de la qualité des interactions sensorielles entre les individus. Ces relations reposent sur l'existence d'une communication interspécifique impliquant une correspondance entre les sensibilités de l'homme et de l'animal. La communication acoustique présente une large gamme de modulations potentielles et est utilisée par de nombreuses espèces, dont l'homme et le porc. Elle s'avère donc une piste de recherche intéressante dans la mise en place de la relation mais également pour être utilisée au cours des interactions entre l'homme et l'animal.

De nombreuses hypothèses non exclusives ont été émises quant à l'implication des processus cognitifs permettant l'utilisation par les animaux des signaux émis par l'homme. Ces signaux pourraient faire écho à des signaux présents dans le répertoire des espèces, ils pourraient nécessiter des capacités sélectionnées au cours de la domestication ou encore impliquer des capacités d'apprentissage chez les animaux.

Ce travail de thèse s'est décliné en trois questions dont la première visait à explorer la sensibilité des porcs à la voix humaine ainsi qu'à ses variations. Par la suite, nous nous sommes demandé si cette sensibilité à la voix humaine pouvait être utilisée pour faciliter le développement de la relation entre l'homme et l'animal. Enfin, nous nous sommes interrogées quant à l'utilisation de la voix humaine comme signal de communication référentielle avec l'animal. La discussion s'articule donc autour de ces trois questions, en partant des résultats majeurs obtenus ; à savoir que les porcelets étaient sensibles à une voix féminine prononçant un texte sur un ton neutre et même attirés par une voix aigüe et lisant lentement un texte. Nous avons observé que cette dernière pouvait être utilisée lors de la mise en place de la relation homme-animal, qu'elle était attirante pour les animaux et qu'elle participerait potentiellement à la reconnaissance de l'expérimentatrice. Enfin, la voix pourrait, en combinaison avec un signal visuel (de pointage du doigt), être utilisée comme signal référentiel de communication avec l'animal, après une phase d'apprentissage. Un schéma récapitulatif impliquant les questions scientifiques posées, les hypothèses testées et les résultats obtenus est présenté à la Figure 18.

1. L'animal est-il sensible à certaines caractéristiques du signal vocal ?



- ✓ **Neutre** vs BF
- ✗ Aigüe vs Grave
- ✗ Rapide vs Lente
- ✗ Aigüe et rapide vs Grave et lente
- ✓ **Aigüe et lente** vs Grave et rapide
- ✗ Colérique vs Joyeuse
- ✗ Questions vs Injonctions

→ Sensibilité à la voix neutre et attirance pour la voix aigüe et lente

2. L'attractivité du signal vocal peut-elle être utilisée lors de la mise en place de la relation homme-animal ?

Présence de l'homme

- ✗ Relation neutre
- ✗ de la peur de l'homme :
 - ✓ dans le logement
 - ✓ dans le parc de test



Présence de l'homme + voix

- ✓ Relation positive
- ✗ de la peur de l'homme :
 - ✓ dans le logement
 - ✓ dans le parc de test
- ✗ + rapide
- ✗ Attraction dans le parc de test

→ Relation positive

→ Relation positive

→ Voix : signe ou signal positif

3. Les propriétés référentielles de la voix peuvent-elles être utilisées par l'animal ?

Utilisation spontanée

- ✗ Voix dirigée vers la récompense
- ✗ Pointage du doigt
- ✗ Voix + pointage du doigt

→ Pas de bénéfice d'une présentation des stimuli sur la réussite





Répétition des signaux

- ✓ Voix + pointage du doigt statique
- ✓ Voix + pointage du doigt dynamique
- ✗ Voix dirigée vers la récompense + présence de l'homme

→ Acquisition d'expérience au cours des tests

→ Nécessité d'un apprentissage

Figure 18: Schéma récapitulatif des hypothèses testées et principaux résultats (en bleu).

Un symbole vert indique que l'hypothèse a été confirmée, une croix implique le contraire.  : attirance visuelle,  : attirance physique

1. LES ANIMAUX SONT SENSIBLES A LA VOIX HUMAINE

Nous avons étudié la sensibilité des porcelets aux signaux vocaux humains, à partir d'enregistrements vocaux féminins aux caractéristiques physiques, prosodiques ou émotionnelles opposées (Chapitre I). Les résultats obtenus montrent que les animaux sont sensibles à la diffusion de la voix féminine, montrant une sensibilité particulière pour la voix féminine aigüe et lente. En effet, la phrase prononcée sur un ton neutre a attiré plus de regards de la part des animaux que le bruit de fond de l'enregistrement qui lui était opposé. La voix féminine neutre possède une fréquence moyenne de 223 Hz, ce qui correspond aux fréquences de grognements associés à des situations neutres à positives (allaitement (Jensen et Algers, 1984 ; Tallet *et al.*, 2013), rencontre sociale (Kiley, 1972 ; Tallet *et al.*, 2013)). La voix neutre pourrait donc avoir été associée à un stimulus neutre à positif. De plus, les vocalisations longues (jusqu'à 1.2 s dans (Kiley, 1972)) sont utilisées par les porcs pour signaler leur position dans un environnement où ils ne se voient pas (Pajor, 1996, cité dans Kiley, 1972 ; Marchant *et al.*, 2001). La longueur de la phrase diffusée (3.3 s) pourrait avoir attiré l'attention visuelle des porcelets par similitude avec une vocalisation émise dans une situation d'isolement. Les porcelets n'ont pas plus grogné vers la zone de diffusion de la voix neutre mais la réponse aux vocalisations de contact ne nécessite pas d'être à proximité de la source. Une analyse complémentaire de l'intervalle entre l'émission de la voix et l'émission des grognements apporterait des informations sur une éventuelle corrélation entre ces paramètres.

La transformation de la phrase prononcée sur un ton neutre vers un enregistrement plus aigu et plus lent a attiré physiquement les animaux. Ceux-ci ont passé plus de temps vers le haut-parleur diffusant cet enregistrement *versus* son opposé (phrase prononcée rapidement sur un ton grave). Chez les porcins, les sons aigus peuvent être émis dans des situations à valence positive, par exemple au cours de l'allaitement (Jensen et Algers, 1984) ou dans une situation de réunion avec la portée et la mère après une séparation, ou encore lorsque les porcelets se blottissent les uns contre les autres (Tallet *et al.*, 2013). Les cris aigus peuvent être émis dans des situations très négatives (castration (Weary *et al.*, 1998) et (Tallet *et al.*, 2013)). Cependant, nous avons observé peu de comportements associés à des émotions négatives tels que décrits par Reimert *et al.* (2013) à savoir des tentatives de fuite ou des cris aigus, ce qui suggère que la voix humaine ainsi diffusée déclenche peu d'émotions négatives pour les porcs.

Le rythme lent a pu également rendre la voix attractive, bien que peu de vocalisations lentes soient rapportées dans les études sur les vocalisations des porcs. En fin d'allaitement, le rythme des grognements de la mère diminue, ce qui correspond à la fin du repas des porcelets et pourrait être associé à une sensation positive de satiété (Fraser, 1980). Chez d'autres espèces, le

rythme des vocalisations décroît lorsque l'aversion pour une situation diminue. Les femelles singes écureuils émettent des vocalisations défensives en présence d'un individu mâle inconnu et leur rythme diminue lorsque ce dernier s'éloigne (Fichtel *et al.*, 2001). De même, le rythme des vocalisations d'un chaton isolé de sa portée est moins élevé que lorsqu'il est isolé et retenu par un expérimentateur (Scheumann *et al.*, 2012). Chez le porc, les rythmes de vocalisations rapides sont plus souvent citées et peuvent être associées à des situations à valence négative comme la frustration (Kiley, 1972). Elles sont également associées à un état d'éveil élevé des animaux (Briefer, 2012). Par opposition, dans notre étude, la phrase prononcée lentement avec une voix aigüe pourrait présenter un effet apaisant et attractif pour les porcelets.

La sensibilité à la voix que nous avons observée chez le porc ne permet pas de se référer au modèle du conditionnement affectif proposé chez les primates par Owren et Rendall (1997). Ce modèle suggère que des vocalisations aux propriétés acoustiques opposées s'appliquent dans des situations de valence opposée. Ainsi, par opposition à une situation affiliative, impliquant des vocalisations tonales de fréquences aigües, une situation agonistique, comme une agression, conduit à l'expression de vocalisations de fréquences basses et comportant du bruit, comme les grognements. Or, par opposition à l'attraction pour la voix aigüe parlant lentement, nous n'avons pas observé, dans notre étude, de répulsion marquée pour la combinaison de caractéristiques opposées, une voix grave parlant rapidement. La voix humaine ne semble ainsi pas provoquer de réaction émotionnelle réflexe, à la manière d'un stimulus inconditionnel.

De même, nos travaux n'ont pas mis en évidence d'effets des caractéristiques simples de la voix sur le comportement des porcs, que ce soit pour la hauteur, le tempo mais également le ton ou l'émotion transmise. De plus, nous n'avons pas pu statuer quant à la valence des combinaisons de ces caractéristiques. Certains sons se sont distingués, suggérant que cette absence de différence entre les autres caractéristiques testées soit réelle, et non pas seulement liées à des biais méthodologiques. D'après le modèle de Morton (1977), il existe une attraction générale chez les mammifères pour les vocalisations intraspécifiques aigües, les rythmes rapides et une répulsion pour les vocalisations graves. Ce modèle ne semble pas s'appliquer aux interactions vocales entre l'homme et le porc, contrastant avec les résultats observés chez le chien. La réponse de ce dernier à des instructions (« assis » ou « vient ») peut être réduite par une modification de l'instruction impliquant un changement de voyelle, donc de hauteur de fréquence de l'instruction (Mills D. S., Fukuzawa, M. et Cooper, 2005 cité dans Mills (2005)) ou encore par un contenu émotionnel triste (Mills *et al.*, 2005). L'ancienneté de la domestication du chien constitue le fondement d'une plus longue histoire partagée avec l'homme et d'une plus longue expérience des interactions vocales humaines. Il a été proposé que la sélection du chien

sur ses capacités de coopération avec l'homme découlerait d'une plus grande sensibilité aux subtiles variations des signaux humains (Miklòsi *et al.*, 2006). Des comparaisons parmi d'autres espèces domestiques, en particulier sélectionnées pour le travail avec l'homme (bœufs, chevaux) et pour des critères de production comme le porc, les volailles ou encore pour leur rôle d'auxiliaire de protection des récoltes (chat : Vigne *et al.*, 2004, autres espèces : pour revue Vigne, 2011) ainsi qu'avec leurs apparentés sauvages, apporteraient un éclairage sur le potentiel rôle de la domestication.

La sensibilité à certaines caractéristiques de la voix humaine a donc passé la barrière des espèces, de l'homme vers le porc, même si nos résultats restent à ce jour limités. Les mécanismes impliqués et les particularités des espèces nécessitent de plus amples recherches. Ce premier résultat s'avère prometteur pour l'utilisation des interactions auditives dans le développement de la relation homme-animal.

2. LA VOIX : UN ELEMENT DE CONSTRUCTION DE LA RELATION HOMME-ANIMAL ?

Dans la suite de la thèse, nous nous sommes demandé si la sensibilité à la voix humaine que nous avons identifiée (Chapitre I) pourrait être utilisée pour faciliter le développement de la relation entre l'homme et l'animal (Chapitre II).

2.1. SPONTANEMENT, LA VOIX HUMAINE ASSOCIEE A SA PRESENCE N'ATTIRE PAS LES ANIMAUX

Le fait de diffuser une voix ne permet pas d'attirer les porcelets vers l'homme ni de réduire la peur naturellement générée par la présence de l'homme chez les animaux domestiques (Vandenheede *et al.*, 1998 ; Boissy *et al.*, 2002 ; Jones et Boissy, 2011). La voix semble même augmenter la peur puisque au début des traitements, lorsque la voix était diffusée, moins de porcelets se sont approchés de l'expérimentatrice que lorsqu'elle n'était pas diffusée. Les porcins, comme les bovins ou les ovins, présentent des réactions de néophobie à l'encontre de personnes inconnues sans avoir été exposées à l'homme de manière répétée au préalable (Romeyer et Bouissou, 1992 ; Hemsforth *et al.*, 1996a). Ces réactions se traduisent par des latences d'approche plus longues, un temps passé à proximité de la personne inconnue réduit tout comme la locomotion dans la zone de test comparativement à ce qui est observé chez des animaux exposés régulièrement à l'homme. Dans notre étude (Chapitre II), cette réponse de néophobie s'applique à nos deux traitements. Toutefois, la nouveauté du signal vocal semble l'avoir accentuée au début du traitement. Cependant, cette réponse de peur diminue au cours du temps, et tous les animaux ont investigué l'expérimentatrice dès le second jour de traitement, le temps de contact avec l'expérimentatrice devenant rapidement similaire au temps passé près de l'expérimentatrice sans diffusion de voix. La familiarité d'une interaction entre l'homme et l'animal intervient dans son évaluation par l'animal (Désiré *et al.*, 2002). Parler aux animaux pourrait donc nécessiter de le faire de manière régulière afin de dépasser la réaction initiale de néophobie.

2.2. UNE CONSTRUCTION PROGRESSIVE DE LA RELATION HOMME-ANIMAL

Contrairement à nos hypothèses, la diffusion de la voix humaine n'a pas accéléré la mise en place de la relation avec les animaux par rapport à la présence seule de l'homme, les deux traitements s'approchant aussi vite et interagissant autant au cours de la phase d'application. Cette mise en place s'est faite de manière progressive dans les deux cas : les porcelets ont de moins en moins regardé l'expérimentatrice, mis de moins en moins de temps à interagir avec elle et réalisé des comportements d'appui sur l'expérimentatrice avec une recherche du contact - associés à des comportements d'affinité (Markowitz *et al.*, 1998 ; Tallet *et al.*, 2014) - à partir de la seconde semaine de traitement. La diminution des comportements de peur pourrait être liée à un processus d'habituation à la présence humaine induite dans les loges d'élevage, avec et sans la diffusion de la voix. Ce phénomène d'habituation a déjà été observé chez des loups (Woolpy et Ginsburg, 1967) ou des veaux (Boivin *et al.*, 1998a) soumis à la présence humaine ou chez le porcelet lors de l'application de caresses (Tanida *et al.*, 1994). Les bovins laitiers (Pajor *et al.*, 2000) et les bovins allaitants (Waynert *et al.*, 1999) comme les porcs (Talling *et al.*, 1996) peuvent s'habituer à la diffusion répétée de sons, avec le risque que cette habitude conduise à l'extinction de la réponse à ce stimulus (Wood-Gush, 1983a). Ceci a été noté dans notre étude avec, au bout des trois semaines d'exposition à la présence humaine, avec ou sans diffusion de la voix, une diminution de la motivation des animaux à interagir avec l'expérimentatrice, en particulier au niveau du comportement d'appui sur sa personne. L'étude de Boivin *et al.* (1998a) chez des veaux décrit aussi cette diminution de la motivation à interagir avec l'expérimentateur immobile, après 10 jours d'exposition à sa présence. Gonyou *et al.* (1986) ont également observé que des porcelets ne s'approchent plus d'un expérimentateur après quatre semaines d'un traitement positif, consistant en des grattages non imposés aux animaux. L'utilisation de la voix dans la construction d'une relation entre l'homme et l'animal, ainsi que l'exposition à la présence humaine nécessitent donc une répétition de ces interventions, que nous pouvons estimer au minimum à deux semaines dans le cadre de nos études, mais le prolongement de l'application de ces traitements à deux semaines supplémentaires pourrait conduire à une habitude vis-à-vis des stimuli utilisés par l'homme. La durée d'exposition à la présence de l'homme, avec ou sans diffusion de la voix humaine, nécessite donc de plus amples recherches afin de déterminer la fenêtre pendant laquelle le risque d'extinction de la réponse des animaux aux stimuli est majeur.

2.3. LA VOIX HUMAINE, UN SIGNAL POSITIF ASSOCIE A L'HOMME ?

Contrairement à nos hypothèses, la diffusion de la voix n'a pas rendu l'expérimentatrice plus attractive dans la loge des animaux, les animaux ayant interagit de manière similaire avec l'expérimentatrice dans les deux traitements. La forte motivation des animaux à interagir avec l'expérimentatrice et la présence de comportements d'affinité indiquent que les traitements ont été perçus positivement dans le logement des animaux. En effet, des comportements affiliatifs envers l'expérimentateur sont rapportés au cours des interactions tactiles positives (caresses, brossage ou grattages) chez les chevaux (Feh et de Mazières, 1993 ; McBride *et al.*, 2004), les bovins (Schmied *et al.*, 2008), les agneaux (Markowitz *et al.*, 1998 ; Guesdon *et al.*, 2016) et les porcelets (Tanida *et al.*, 1994 ; Tallet *et al.*, 2014). Il est possible que la passivité et l'immobilité de l'expérimentatrice lors de sa présence dans la loge d'élevage soit particulièrement attractive pour les porcelets, limitant l'expression de l'attractivité pour la voix humaine dans la loge. En effet, la motivation des porcs et des poussins à interagir avec l'homme ne disparaît pas malgré l'utilisation d'interactions a priori négatives (suspension par les pattes, chocs électriques, mouvements brusques et posture debout (Gonyou *et al.*, 1986 ; Hemsworth *et al.*, 1987 ; Jones et Waddington, 1993)). De plus, Brajon *et al.* (2015) n'ont pas observé de différences dans l'expression de l'attractivité des porcelets pour une expérimentatrice immobile ou caressant les animaux dans leur loge, alors que les caresses rendent l'homme attractif dans un environnement nouveau, par rapport à des animaux témoins (Tallet *et al.*, 2014). La valence positive de la voix a donc pu être masquée par l'attractivité de la présence de l'expérimentatrice dans la loge d'élevage.

Contrairement à l'hypothèse du développement de deux relations différentes selon le traitement, positive pour les animaux exposés à la diffusion de la voix et neutre pour les animaux exposés à la présence seule de l'expérimentatrice, une perception positive des deux traitements appliqués paraît le plus probable. En effet, une vigilance accrue est observée dans l'aire de test (test 1 et 2) pour les animaux contrôles, qui n'ont pas reçu d'interaction avec l'expérimentatrice comparativement aux autres traitements. Ceci se traduit par un temps accru à regarder l'expérimentatrice, un éloignement vis-à-vis de l'expérimentatrice et une mobilité moindre, associée à une latence de déplacement supérieure. Les animaux contrôles ont aussi moins souvent investigué l'expérimentatrice et ont également mis plus de temps à le faire. La diminution des comportements de peur a également été observée chez des poussins exposés à la présence humaine (Jones, 1993) ou bien lors de l'application de caresses chez différentes espèces domestiques (génisses, porcelets, poulains, poussins (Hemsworth *et al.*, 1981a ; Jones, 1993 ; Breuer *et al.*, 2003 ; Lansade *et al.*, 2004)).

Au vue de nos résultats (Chapitre II, test 1), l'hypothèse selon laquelle la diffusion de la voix humaine rendrait l'expérimentatrice plus attractive dans l'aire de test est partiellement vérifiée. La voix est un signal attractif puisque les animaux soumis à la diffusion de la voix sont restés comparativement plus longtemps que les autres porcelets vers l'expérimentatrice. Les animaux n'ont cependant pas investigué plus l'expérimentatrice que les porcelets soumis à la présence humaine seule. Le stimulus auditif, associé aux contacts tactiles passifs dans la loge (déclenchés par les porcelets), ne serait pas suffisant pour attirer physiquement les porcelets vers l'expérimentatrice. Une comparaison de ces deux voix sensorielles auditive et tactile, utilisées seules ou en combinaison, mériterait d'être réalisée afin de déterminer l'importance relative de ces différentes modalités sensorielles dans l'attractivité de l'homme. En outre, les porcelets ayant passé moins de temps à proximité de l'expérimentatrice que dans la zone éloignée, il est possible qu'un conflit d'intérêt se soit développé entre la volonté des animaux à interagir avec l'expérimentatrice et celle d'explorer l'environnement, comme rapporté chez des porcelets ayant reçu des caresses (Tallet *et al.*, 2014). La voix humaine semble donc un signal positif pour les animaux, mais ne déclenchant pas d'attractivité physique pour l'homme lorsqu'elle est associée à sa présence.

2.4. LA VOIX HUMAINE, UN ELEMENT DE RECONNAISSANCE DE L'HOMME ?

Nous avons montré qu'associer une voix féminine à la présence de l'homme dans la loge des animaux puis les soumettre à un test à l'homme sans diffuser cette voix (Chapitre II, test 2) conduit à une modification de leurs comportements dans l'aire de test comparativement à ce qui est observé chez les autres animaux (contrôle et exposés à la présence de l'expérimentatrice seule). Ces porcelets sont en effet restés le plus longtemps près de l'expérimentatrice et ont passé plus de temps près d'elle que dans la zone éloignée. La voix humaine semble donc avoir été associée à la présence de l'expérimentatrice. Deux interprétations sont envisageables quant au rôle de la voix lors du développement de la relation homme-animal.

D'une part, la voix pourrait participer à la reconnaissance de l'expérimentatrice. Les animaux pourraient avoir utilisé un autre canal sensoriel pour obtenir des informations sur l'identité de l'expérimentatrice, en particulier l'olfaction, sens développé dans la reconnaissance intraspécifique chez les porcins (Signoret *et al.*, 1975 ; Shillito Walser, 1986). Il a été montré que la voix humaine, associée à des stimuli visuels et olfactifs permet aux porcelets de reconnaître une personne familière (Tanida et Nagano, 1998), comme chez les lions de mer (Scheumann et Call, 2004) ou les chiens (olfaction (Kalmus, 1955), voix et photo (Adachi *et al.*, 2007)). Les

porcelets sont capables aussi de reconnaître une personne familière sans stimulus auditif, mais avec une moindre précision et plus lentement (Tanida et Nagano, 1998). L'utilisation de la voix semble donc nécessaire à la reconnaissance de l'homme, lorsque les animaux y ont été exposés de manière répétée. La contribution de la voix à la reconnaissance de l'homme impliquerait alors que la voix humaine prenne le rôle d'un indice (information sensorielle émise de manière permanente) et non pas d'un signal de communication (information sensorielle émise temporairement) lorsqu'elle est utilisée en combinaison avec la présence de l'homme. Considérer la voix en tant qu'indice de communication pour les animaux impliquerait donc pour l'homme de l'utiliser de manière constante lors des interactions avec les animaux. Néanmoins, l'absence de diffusion de la voix dans l'aire de test (test 2) pour les animaux qui y ont été exposés régulièrement a entraîné une perturbation des animaux plutôt qu'une augmentation de la peur de l'expérimentatrice. Une irrégularité de l'utilisation de la voix humaine au cours des interactions avec les animaux pourrait perturber ces derniers sans néanmoins présenter de conséquences très négatives sur l'interprétation par l'animal de l'interaction.

D'autre part, il est envisageable que la voix ait été perçue par les animaux comme un signal de communication lors du second test à l'homme (Chapitre II, test 2). Le nombre de grognements émis par les porcelets exposés à la présence humaine avec diffusion de la voix étant plus élevé que ceux émis par les animaux témoins. Les vocalisations participent au maintien des interactions sociales entre les groupes de conspécifiques de nombreuses espèces (Marler et Hamilton, 1966b) dont le porc (Manteuffel *et al.*, 2004). Marchant-Ford *et al.* (2001) ont montré que les porcs vocalisent plus en présence d'un homme non familier (silencieux) que lorsqu'ils sont isolés, émettant des grognements courts et répétés, similaires aux vocalisations émises lors de rencontres entre deux conspécifiques familiers. Les porcs pourraient donc utiliser de manière interspécifique les interactions auditives, notamment pour communiquer avec l'homme. La voix humaine pourrait donc avoir été interprétée comme un signal de communication, adressé aux porcelets et dont l'absence aurait déclenché les vocalisations des animaux. Cette réponse pourrait être spécifique aux porcs. En effet, chez les ovins les vocalisations diminuent en présence d'un homme (non familier ou familier ayant donné des caresses (Guesdon *et al.*, 2016)) et celles des bovins ne sont modifiées par la présence de l'homme que si ce dernier a prodigué des caresses (Boivin *et al.*, 1998b). Les deux hypothèses concernant l'utilisation de la voix humaine en tant que signe ou signal de communication interspécifique ne sont pas mutuellement exclusives. En effet, certaines caractéristiques physiques, soient des caractéristiques permanentes, des signaux vocaux, qui sont émis de manière temporaire, sont considérées comme des marqueurs de l'identité des individus chez les chevaux (Briefer *et al.*, 2015) et certains primates (Owren et Rendall, 1997).

La voix humaine pourrait donc être utilisée en tant que signe et/ou signal de communication interspécifique par les animaux. Une enquête réalisée au cours de la thèse a permis d'observer les pratiques déjà existantes en ferme (Collin, 2014), apportant un éclairage sur cette question. Sur le terrain, les éleveurs s'accordent sur l'importance des interactions auditives pour les animaux en classant l'audition comme l'un des sens les plus utilisés par les animaux. Certains éleveurs affirment que leur voix permet aux animaux de les reconnaître. De plus, des observations de manipulations des animaux ont mis en avant une proportion élevée d'interactions vocales émises par les éleveurs à destination des animaux, juste après les interactions tactiles. Parmi les pratiques employées, certaines visent à attirer les animaux (les appeler par leur nom, « Coco » par exemple) et d'autres à les repousser (« aller »). Une étude plus fine de ces pratiques pourrait être envisagée afin de déterminer leurs effets sur le travail des éleveurs et l'implication éventuelle de déterminants extérieurs, propres à l'élevage (stade d'élevage des animaux, mode d'élevage (en bâtiment ou en extérieur), configuration des lieux) ou propres à l'éleveur (formation, personnalité, etc.). Cette enquête a par ailleurs révélé que les éleveurs sont prêts à utiliser de nouvelles pratiques, pourvu que leur efficacité ait été démontrée (Collin *et al.*, 2016). De plus, inclure des observations sur la réponse des animaux permettrait de déterminer l'utilisation de ces signes et signaux de communication par les animaux.

2.5. DES CONTRASTES ET DES SIMILITUDES ENTRE NOS ETUDES

Tandis que les porcelets ont été attirés spontanément par une voix aigüe prononçant lentement une phrase dans le Chapitre I, les porcelets n'ont pas été attirés spontanément par ce son associé à la présence humaine dans le Chapitre I ou le Chapitre II. Ce contraste infirme l'hypothèse que la voix féminine agirait comme un stimulus inconditionnel attractif (Chapitre I) car les porcelets auraient dû s'approcher plus rapidement et en plus grand nombre que lorsque les animaux étaient exposés à la seule présence de l'expérimentatrice lors de ces deux études. Or, au cours de l'étude sur l'utilisation de la voix dans le développement de la relation homme-animal (Chapitre II), les animaux ont été plus effrayés par la voix que lors de l'étude sur la sensibilité à la voix (Chapitre I). Les différences méthodologiques entre les deux études pourraient expliquer ce contraste. Lors de l'étude du Chapitre I, les animaux ont été exposés au préalable des tests à une autre voix humaine féminine (non utilisée lors des tests), et à la voix pendant les tests, tandis que les porcelets ont découvert les enregistrements vocaux le premier jour d'application du traitement lors de l'étude du Chapitre II, ajoutant à la nouveauté de la présence de l'homme celle de la voix. Ces contrastes mettent en lumière la nécessité d'exposer de manière régulière les animaux à la voix humaine, afin de ne pas déclencher de néophobie.

La voix humaine s'est avérée attractive lors du développement de la relation homme-animal. Nos résultats impliquent qu'elle participe potentiellement à la reconnaissance de l'homme et pourrait ainsi être utilisée par les animaux en tant que signe communicatif. Toutefois, nous ne pouvons exclure qu'elle soit également utilisée en tant que signal de communication, et son rôle lors de la mise en place de la relation homme-animal reste à préciser. L'utilisation de la voix humaine en tant que signal de communication a été vérifiée en nous intéressant aux propriétés directionnelles de la voix humaine dans la communication référentielle avec l'homme.

3. UTILISER UNE COMBINAISON DE SIGNAUX AUDITIFS ET VISUELS REFERENTIELS NECESSITE UN APPRENTISSAGE

L'utilisation par les animaux des signaux humains constitue une base de communication interspèce (Hauser, 1996b). Le transfert d'information par la voie auditive dans le cadre de la communication référentielle n'a pas été testé chez le porc, de manière unique ou en combinaison avec un geste référentiel comme le geste de pointage. Aussi, nous avons évalué les performances des animaux pour trouver une récompense dans un test de choix en s'aidant d'un geste de pointage, d'un signal vocal humain dirigé vers la récompense et de ces deux signaux combinés (Chapitre III).

3.1. UNE QUESTION D'EXPERIENCE ?

Placés dans un test de choix pour trouver une récompense, les porcelets n'ont pas suivi, au cours des premiers passages dans l'aire de test (Chapitre III, test A), la direction de la récompense indiquée par la diffusion d'une voix humaine, seule ou en combinaison du geste de pointage du doigt (statique). Contrairement à nos hypothèses, les porcs ne partagent donc pas l'aptitude des enfants (Rossano *et al.*, 2012), ni celle des chiens (adultes ou chiots socialisés (Rossano *et al.*, 2014)) à utiliser les propriétés de dispersion spatiale de la voix humaine pour localiser une récompense. Nos résultats se rapprochent ainsi de ceux des chimpanzés qui n'utilisent pas la direction de propagation de la voix humaine pour trouver une récompense (Rossano *et al.*, 2012). Au cours du même test lors de notre étude (Chapitre III, test A), les animaux n'ont pas non plus répondu à l'utilisation du pointage seul. Nos résultats confirment ceux obtenus chez le porc sur la question du pointage du doigt par Albiach-Serano *et al.*(2012) mais pas ceux obtenus par Nawroth *et al.*(2013b). Nos résultats ne soutiennent donc pas l'hypothèse d'une transmission de la capacité de compréhension des signaux humains au cours de la domestication comme suggérée par certains auteurs chez le chien (Miklósi et Soproni, 2006 ; Rossano *et al.*, 2014), la chèvre (Kaminski *et al.*, 2005) ou le furet domestique (Hernádi *et al.*, 2012).

Une exposition répétée aux signaux vocaux émis par l'homme pourrait être nécessaire à leur utilisation par l'animal. En effet, chez le chien, les adultes et les chiots sociabilisés par l'homme, réussissent à suivre la direction de la voix contrairement aux chiots non sociabilisés par l'homme (Rossano *et al.*, 2014). Chez les éléphants, des repasses d'enregistrements vocaux de chasseurs Massaï adultes, déclenchent des réponses défensives de protection du groupe familial de la part des matriarches (McComb *et al.*, 2014). Plus celles-ci sont âgées, moins les

fausses alarmes sont fréquentes. Cette hypothèse d'un effet de l'exposition aux stimuli humains s'applique partiellement à nos résultats. En effet, l'exposition préalable à trois stimuli (Chapitre III, test A: la direction de la voix, le geste de pointage statique et leur combinaison) a réduit le stress lié à la situation de test sans améliorer les performances ultérieures des animaux. Néanmoins, il est possible que l'expérience acquise par les porcelets au cours des passages successifs dans l'aire de test ait aidé à la compréhension de la voix combinée au pointage statique lors de sa seconde présentation (Chapitre III, test D). Avant de commencer ce test, les animaux avaient participé au minimum à 62 essais comprenant une combinaison de stimuli auditifs et visuels émis par l'expérimentatrice. Ce nombre se rapproche des 72 essais nécessaires à certains porcelets pour atteindre le seuil de réussite fixé dans un test de choix, en réponse à des signaux auditif (secouer le contenant avec la récompense) ou visuel (montrer la récompense (Nawroth et von Borell, 2015)). Il est donc possible que l'utilisation de la voix humaine dirigée vers la récompense combinée au geste de pointage du doigt (statique ou dynamique) nécessite un apprentissage de la part des animaux.

Cette nécessité de l'expérience de la voix humaine s'applique également à nos résultats précédents. D'une part, il a été nécessaire de répéter le traitement comprenant la diffusion de la voix féminine et l'exposition à la présence de l'homme pour réduire la réaction de néophobie des animaux (Chapitre II) par rapport aux animaux contrôles. D'autre part, l'absence d'expérience vis-à-vis de certaines caractéristiques de la voix, comme les émotions ou le ton employé, pourrait expliquer pourquoi les animaux n'ont pas exprimé de préférence ou de répulsion pour l'une de ces caractéristiques de la voix lors de notre première étude (Chapitre I). Owren et Rendall (1997) suggèrent que les vocalisations peuvent agir comme des stimuli conditionnels chez les primates. Pour cela, ces vocalisations (un grognement, par exemple) nécessitent d'être associées à un comportement particulier de l'émetteur dirigé vers le récepteur ou vers d'autres individus (une attaque, par exemple). La répétition de cette association conditionne la réponse du récepteur, émotionnelle comme la peur et/ou sensorielle comme la douleur, par exemple. La vocalisation suffit alors à provoquer la réponse émotionnelle. Or, au cours de notre première étude (Chapitre I), les animaux n'ont pas été sociabilisés à l'homme, leur expérience précoce a pu s'avérer trop pauvre en interactions auditives humaines, surtout féminines, pour qu'ils aient pu se créer une représentation des différents paramètres de celle-ci. Utiliser la voix humaine pour communiquer de manière référentielle avec les animaux semble donc passer par un apprentissage par les animaux des situations et des fonctions dans laquelle elle pourrait être employée.

Cependant, cette question de l'expérience des stimuli n'explique pas la réussite des porcelets à utiliser la combinaison de la voix dirigée vers la récompense et du geste dynamique de pointage du doigt puisqu'aucun mouvement dynamique n'avait été présenté précédemment. Une généralisation de la compréhension de la combinaison de la voix dirigée vers la récompense et du geste dynamique pointage pourrait être envisagée mais les performances des animaux, avant l'utilisation de la combinaison dynamique (Chapitre III, test B), ne confirment pas cette hypothèse. L'apprentissage et l'utilisation des signaux émis par l'homme pourraient dépendre de la sensibilité individuelle des animaux et nécessiter pour l'homme de s'adapter à cette sensibilité.

3.2. UNE QUESTION DE SENSIBILITE ?

Les processus cognitifs impliqués dans la compréhension des combinaisons de signaux référentiels que nous avons testés lors de notre dernière étude (Chapitre III) pourraient dépendre de la sensibilité des animaux à ces combinaisons ou à certaines de leurs caractéristiques. En effet, parmi les dix-sept animaux qui ont atteint le seuil de réussite, seuls deux sont restés constants en atteignant le seuil de réussite lors des deux tests successifs. Seabrook et Bartle (1992) ont souligné l'importance de l'individualité des porcelets dans leur réponse aux stimuli humains. Certains ont pu mieux comprendre la combinaison de signaux dynamiques (Chapitre III, test C) tandis que d'autres ont été plus sensibles à la seconde présentation de la combinaison statique (Chapitre III, test D). De plus, un animal, contrairement aux autres, a utilisé la direction de la propagation du son pour trouver la récompense lors de notre dernier test (Chapitre III, test E). La généralisation de la réponse à la combinaison de la voix et du geste de pointage d'un test sur l'autre est donc peu envisageable. Il est possible que plusieurs processus cognitifs (expérience acquise, changement de signal, agitation locale, etc.), dont nous discuterons dans la suite du développement, soient entrés en jeu entre les tests, voire au sein d'un même test, expliquant l'inconstance des performances des porcelets.

Lors de notre dernière étude sur l'utilisation des signaux référentiels par les animaux dans un test de choix (Chapitre III), deux phénomènes pourraient être intervenus. Le premier phénomène concerne le passage d'une combinaison de signaux statiques à une combinaison de signaux dynamiques (Chapitre III, test B et C). Le dépôt de l'appât n'ayant pas été réalisé devant les animaux au cours de l'étude, ceux-ci ont pu éprouver des difficultés à associer l'expérimentatrice et l'information de la localisation de l'appât. En effet, les porcs se représentent difficilement les objets cachés et leurs déplacements (Nawroth *et al.*, 2013c). De plus, le mouvement impliqué dans la combinaison dynamique a pu entraîner un changement

dans la position de l'expérimentatrice, améliorant sa compréhension. Herman *et al.* (1999) ont en effet montré une amélioration de la performance des dauphins lorsque l'expérimentateur effectuant le geste de pointage se penchait plus en avant. Dans notre étude, les changements survenus dans la manière d'effectuer le geste de pointage du doigt combiné à la diffusion de la voix vers la récompense ont donc pu améliorer la transmission de l'information par l'expérimentatrice.

L'apprentissage des combinaisons de signaux pourrait également avoir été facilité par le phénomène d'agitation locale, qui n'est pas incompatible avec le premier phénomène discuté ci-dessus. Dirigeant l'attention de l'animal vers la cible du pointage, qui se situe dans le prolongement du bras de l'expérimentateur, ce phénomène est souvent envisagé pour expliquer les capacités de compréhension du geste de pointage par les animaux (pour revue Miklósi et Soproni, 2006). Le geste de pointage est alors considéré comme un geste de coopération entre deux individus (Hare, 2001). Or, des comportements coopératifs sont observables dans le répertoire spécifique des porcs (soins maternels partagés, cris d'alarme (Fraser *et al.*, 1995)), comme dans celui des chiens (Miklósi *et al.*, 2006), des dauphins (Herman *et al.*, 1999) ou des loups (Hare *et al.*, 2010). Au cours de notre étude (Chapitre III), les animaux ont réussi à trouver la récompense dans deux tests successifs impliquant la voix, combinée au geste de pointage (Chapitre III, tests C et D). La compréhension du geste de pointage associé à la direction de propagation du son est donc envisageable dans notre travail grâce à ce phénomène d'agitation locale. Ce dernier suggérerait donc que les animaux aient porté une plus grande attention à la composante visuelle de la combinaison de signaux. Nous nous sommes ainsi demandé si les animaux suivraient la composante auditive de ces combinaisons lors de notre dernier test de choix (Chapitre III, test E).

Au cours de nos travaux, nous avons soumis les porcelets seulement à la direction de la voix pour trouver la récompense (Chapitre III, test E). Or, un seul animal a réussi à utiliser les propriétés de dispersion du son. Un tel résultat a également été observé chez des chimpanzés, soumis à un test de choix, où la direction de la voix de l'expérimentatrice indiquait l'emplacement d'une récompense (McComb *et al.*, 2014). Certaines espèces pourraient être plus sensibles que d'autres à cette propriété du son, comme les chiens (Rossano *et al.*, 2014) ou même l'homme (Rossano *et al.*, 2012). Nos résultats pourraient être expliqués par les stratégies de recherche de nourriture des porcs, qui s'appuient principalement sur leur sens visuel, d'après Croney (2003). Il est possible qu'ils se soient uniquement appuyés sur le geste de pointage pour trouver la récompense. Le son, comme chez les chimpanzés (Call *et al.*, 2000), pourrait avoir attiré l'attention des animaux sur la situation de test mais pas vers la récompense. Plus

radicalement, Heffner (1998) suggère que les animaux ne s'appuient que sur une seule composante de la combinaison de signaux auxquels nous les soumettons, ignorant l'autre. Les chiens, par exemple, suivent le geste de pointage du doigt même si des informations olfactives contradictoires sont également présentes dans la situation de test (Szetei *et al.*, 2003). Nos résultats s'inscrivent partiellement dans cette lignée puisque les porcelets ont appris à utiliser les combinaisons de signaux auditifs et visuels (Chapitre III, test C et D) mais n'ont pas réussi à suivre la direction de propagation de la voix seule (Chapitre III, test E). Les combinaisons de signaux seraient plus informatives que les signaux émis seuls par l'homme. Toutefois, nous n'avons pas pu tester, à l'issue de cette étude, l'utilisation du seul geste de pointage par les animaux. Confirmer notre hypothèse nécessiterait donc de soumettre les animaux aux composantes auditives et visuelles de notre combinaison, de manière séparée et en combinaison, simultanée ou décalée. Un éclairage sur l'origine de l'utilisation de ces signaux serait apporté en étendant cette étude à d'autres espèces dont le répertoire vocal est développé (primates utilisant ou non le geste de pointage, pour revue Miklósi et Soproni, 2006) ou à des espèces utilisant le geste de pointage seul (domestiquées : chèvres (Kaminski *et al.*, 2005), chevaux (Proops *et al.*, 2010), chiens (Bräuer *et al.*, 2006) ; présentant des comportements de coopération : loups (Hare *et al.*, 2010), dauphins (Herman *et al.*, 1999)).

L'utilisation par les porcelets de la voix humaine comme signal référentiel de communication a pu être apprise par les animaux en combinaison du geste de pointage. L'expérience des signaux humains, en particulier de ces combinaisons, semble indispensable à leur utilisation par les porcelets. Ces derniers n'ont en effet pas pu les utiliser de manière spontanée. Plusieurs processus cognitifs pourraient entrer en jeu au cours de l'apprentissage des combinaisons de signaux visuels et auditifs utilisés par l'homme. Ces processus sont liés par exemple au phénomène d'agitation locale ou à une présentation répétée des combinaisons de signaux. Ils pourraient dépendre de la sensibilité individuelle des animaux aux composantes des combinaisons de signaux auditifs et visuels référentiels et pourraient potentiellement différer entre les espèces. En effet, les porcs n'utilisent pas les propriétés de diffusion de la voix lorsque celle-ci est émise seule. Toutefois, des contraintes méthodologiques ne nous ont pas permis de déterminer si les animaux s'appuient sur un seul signal sensoriel référentiel ou les deux lorsqu'ils sont utilisés en combinaison.

4. UN BILAN SUR L'APPROCHE METHODOLOGIQUE

Au cours de cette thèse, plusieurs choix méthodologiques ont été faits, afin de tester au mieux les hypothèses émises. Cependant, certaines approches telles que l'utilisation d'enregistrements vocaux, leur mode de diffusion ou les comportements que nous avons choisi d'observer ont pu expliquer en partie des résultats mitigés.

Pour des raisons de standardisation de nos tests, nous avons utilisé des enregistrements vocaux qui ont été modifiés par ordinateur et se sont avérés peu naturels à l'oreille humaine. Certaines combinaisons de modifications ont été également réalisées alors qu'elles ne sont pas naturellement cohérentes (par exemple une fréquence basse et un tempo rapide (Pallone, 2003)). Les enregistrements présentaient également l'inconvénient de ne pas transmettre l'ensemble des paramètres émis comme certaines harmoniques, ou encore les mouvements du visage ou des lèvres, ce qui pourrait perturber la perception vocale chez l'homme et chez le chien (pour revue Mills, 2005). L'absence de cohérence biologique des modifications que nous avons apportées à nos enregistrements a donc pu être perçue comme perturbante pour les animaux. L'intervention d'acteurs humains pouvant émettre des voix naturellement plus contrastées permettrait de tester cette hypothèse, comparativement à des enregistrements neutres à partir desquels nous avons travaillé. Pour ce faire, les acteurs respecteraient des consignes pour standardiser les postures, mimiques et mouvements, ou pourraient être filmés, avec l'ajout d'enregistrements audio. Une autre option consisterait à placer l'animal en situation de conditionnement opérant. Les animaux pourraient, par exemple, être placés dans une aire de test où des boutons presseurs déclencheraient les vidéos. Actif, l'animal aurait la possibilité d'exprimer ses préférences vis-à-vis du son diffusé, voire de l'interrompre ou de l'éviter (pour revue chez les espèces domestiques Arave, 1996).

De plus, ce travail a porté exclusivement sur des voix de femmes et mériterait de prendre en compte les voix d'hommes qui sont également présentes dans le cadre de l'élevage. Les voix classiquement plus graves des hommes (en moyenne 120 Hz pour les hommes et 220 Hz pour les femmes (Titze, 2000)) pourraient spontanément être plus effrayantes pour les animaux (Morton, 1977). Il serait intéressant de réaliser le même type d'étude sur les voix masculines (Chapitre I), avec des voix naturellement contrastées (à l'image des voix de chanteurs basse *versus* ténor).

D'autre part, l'utilisation de nos enregistrements de manière continue au cours de nos tests a pu engendrer une habituation des animaux aux enregistrements, conduisant à l'extinction de leur réponse (Wood-Gush, 1983a). Ainsi, un biais potentiel lors de l'étude sur la

communication référentielle (Chapitre III) réside dans la possibilité des animaux à entendre les enregistrements dans l'aire d'attente, attenante à l'aire de test. Cette exposition passive a pu compromettre leur capacité à associer les sons à une tâche particulière (ici retrouver la récompense (Croney *et al.*, 2003)) engendrant une baisse d'attention envers le signal sonore. Il serait intéressant d'étudier cette question en séparant physiquement et de manière insonorisée l'aire de test de l'aire d'attente et de la loge d'élevage.

Au cours de nos mesures, nous avons tenu compte de la réactivité émotionnelle des animaux à partir de plusieurs indicateurs comportementaux sans toutefois recourir à des mesures physiologiques (rythme cardiaque, concentration de cortisol) ou des tests dédiés (test d'immobilité tonique, par exemple). Il est possible que les signaux auxquels nous avons soumis les animaux aient été perçus négativement, sans que nous n'observions de changement comportemental. Les animaux ont pu se concentrer sur l'origine du stimulus potentiellement menaçant (l'expérimentatrice, le haut-parleur) plutôt que sur la tâche à effectuer. Des mesures physiologiques ou des tests de réactivité pourraient compléter les résultats que nous avons obtenus, notamment quant à la valence des signaux émis par l'homme.

CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES

Les porcelets se sont révélés sensibles mais pas attirés par une voix féminine prononçant une phrase sur un ton neutre (« De ce côté, cochon. Allez. Par ici. Viens là. »). Par contre, cette phrase prononcée lentement par une voix aigüe les a attirés physiquement. Par ailleurs, nous avons montré que cette phrase prononcée lentement par une voix aigüe, associée à la présence de l'homme, aurait une valence positive pour l'animal. De plus, la répétition de l'exposition des animaux à la présence de l'homme, associée à la voix ou non, s'est avérée nécessaire pour diminuer la peur de l'homme. Dans nos conditions expérimentales, la voix humaine participerait à la reconnaissance de l'expérimentatrice et pourrait ainsi être considérée comme un signe plutôt qu'un signal de communication par les animaux. Enfin, combinée à des signaux visuels (de pointage du doigt statique et dynamique), la voix peut être utilisée comme un signal de communication référentielle avec l'animal, à condition d'apprendre ces combinaisons de signaux aux animaux.

1. L'ÉVOLUTION DE LA SENSIBILITÉ À LA VOIX HUMAINE

Le modèle de Morton (1977) suggère que les sons aigus seraient attractifs chez les animaux adultes car ils feraient écho à l'expression vocale des besoins des juvéniles. Nos tests ont été réalisés chez des porcelets entre six et huit semaines d'âge, ainsi la question de l'évolution de leur sensibilité au cours de leur développement se pose. Les porcelets montrent dès la naissance une préférence pour les vocalisations de leur mère ou d'autres porcelets (seulement chez les mâles (Parfet et Gonyou, 1991)) mais ne distinguent les vocalisations de leur mère par rapport à une autre truie qu'après 36 à 48 h (Shillito Walser, 1986 ; Horrell et Hodgson, 1992). Bien que leur sensibilité aux vocalisations spécifiques soit précoce, leurs capacités à en distinguer les variations et à reconnaître les membres de leur fratrie interviendraient plus tardivement (au-delà d'une semaine de vie (Horrell et Hodgson, 1992)). Les animaux pourraient donc être plus réceptifs aux variations des signaux vocaux lorsque leur système auditif est mature et/ou leur répertoire vocal plus développé. On peut donc se demander si leur sensibilité aux variations des signaux auditifs interspécifiques ne serait pas également plus tardive.

2. L'UTILISATION DE LA VOIX DANS L'ETABLISSEMENT DE LA RELATION HOMME-ANIMAL

La diffusion de la voix lors de l'établissement de la relation avec l'animal n'a pas accéléré cette mise en place. On peut se demander si la création d'un signal interspécifique pourrait être nécessaire pour rendre la voix humaine plus attirante. Dans le cas des interactions tactiles, caresser, brosser, gratter l'animal dans les zones privilégiées lors des interactions tactiles intraspécifiques renforce l'efficacité des contacts donnés par l'homme (bovins (Schmied *et al.*, 2008), ovins (Coulon *et al.*, 2015), équins (McBride *et al.*, 2004) et potentiellement chez les porcins (Tallet *et al.*, 2014)). Des similitudes entre les productions vocales humaines et les vocalisations des porcs pourraient rendre l'homme parlant plus attirant. Broadfoot (1970) suggère aussi que des signaux auditifs interspécifiques peuvent être utilisés lors de la mise en place de la relation entre l'homme et le porc (« uff, uff » par exemple). Il serait donc intéressant d'étudier l'effet de productions vocales humaines dont les caractéristiques rythmiques et/ou fréquentielles sont similaires aux vocalisations utilisées par les animaux dans un contexte social positif, comme les grognements de contact, par exemple. A l'opposé, des productions vocales proches des caractéristiques des vocalisations défensives comme le « choo, choo » proposé par Broadfoot (1970), pourraient être plus repoussantes pour les animaux.

3. VERS UNE APPLICATION PRATIQUE

Nos résultats laissent envisager la possibilité d'utiliser la fonction référentielle ou les propriétés attractives de la voix humaine avec les animaux dans le cadre de l'élevage. Cette utilisation pourrait se faire dans le cadre de la mise en place de **pratiques relationnelles**, qui bénéficient à chacun des acteurs de la relation homme-animal (Boivin *et al.*, 2012). Ces pratiques prendraient en compte l'ensemble des facteurs influençant la relation homme-animal, du point de vue de l'éleveur (personnalité, organisation, expérience, etc.), du système d'élevage (type, organisation, disposition) mais également de l'animal (génétique, environnement social, développement, etc.). De plus amples recherches sont nécessaires afin de déterminer l'adéquation entre la sensibilité des animaux et les combinaisons des signaux incluant la voix humaine. On peut se demander si la voix humaine, par ses propriétés attractives, ne pourrait pas être utilisée pour faciliter les manipulations d'élevage. La présence d'une personne familière peut réduire la perception aversive, douloureuse ou éprouvante de certaines pratiques (écornage (Grandin, 1989), isolement (Boivin *et al.*, 2000), débecquage (Hemsworth et Coleman, 2011b)). La voix humaine pouvant être utilisée lors de la mise en place de la relation, sa valence

positive pourrait-elle diminuer également cette perception aversive des évènements après mise en place de la relation ? Pourrait-elle être utilisée sans nécessiter la présence de l'éleveur (via des enregistrements) ?

Certaines périodes de vie de l'animal semblent à privilégier dans l'établissement de la relation avec l'homme (Boivin *et al.*, 2003b ; Waiblinger *et al.*, 2006). Ces périodes sont caractérisées par une plus grande sensibilité de l'animal aux interactions avec l'homme du fait de bouleversements importants (périodes sensibles). Etudier l'évolution de la sensibilité des porcelets à la voix humaine, à différentes périodes de vie, permettrait potentiellement de déterminer si une période optimale d'utilisation de la voix humaine dans la relation homme-animal existe. De plus, Tallet *et al.* (2016) ont montré qu'un conditionnement des porcelets *in utero* était possible par diffusion d'enregistrements pendant des interactions avec les truies gestantes. Ce conditionnement permet d'associer la voix humaine à une valence positive jusqu'à 21 jours après la naissance des animaux. Utiliser la voix humaine, suite à un tel conditionnement, pourrait-il accélérer la mise en place de la relation avec l'éleveur ?

Pour terminer, nos résultats impliquent qu'utiliser la voix humaine en combinaison d'autres signaux, nécessiterait un apprentissage. Il paraît donc important de repérer les animaux les plus sensibles aux combinaisons de signaux auditifs et visuels, et à les entraîner à les utiliser. De plus, l'apprentissage social permet aux animaux d'acquérir des comportements sociaux, par observation du comportement d'animaux démonstrateurs (Nicol, 1995). Il a été montré qu'il est possible de réduire la peur générée par l'homme chez des animaux qui observent des conspécifiques être manipulés par l'homme (Jones, 1993). On peut ainsi se demander si l'observation de l'établissement d'une relation positive entre un animal et l'homme, via l'utilisation de la voix humaine (combinée ou non à d'autres signaux), ne pourrait pas se transmettre socialement à d'autres animaux. L'utilisation de la voix auprès de ces animaux observateurs pourrait-elle accélérer cette transmission ? De même, l'utilisation de combinaisons de signaux référentiels entre l'homme et l'animal pourrait-elle se transmettre socialement par observation ? Cette observation nécessiterait-elle d'être réalisée au cours de l'apprentissage ? Ces questions laissent donc envisager de nombreuses perspectives théoriques et appliquées suite à nos travaux.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Adachi, I., Kuwahata, H., Fujita, K., 2007. Dogs recall their owner's face upon hearing the owner's voice. *Anim Cogn* 10, 17-21.
- Agnvall, B., Jöngren, M., Strandberg, E., Jensen, P., 2012. Heritability and Genetic Correlations of Fear-Related Behaviour in Red Junglefowl–Possible Implications for Early Domestication. *PLoS ONE* 7, e35162.
- Ajmone-Marsan, P., Garcia, J.F., Lenstra, J.A., 2010. On the origin of cattle: How aurochs became cattle and colonized the world. *Evolutionary Anthropology: Issues, News, and Reviews* 19, 148-157.
- Albiach-Serrano, A., Bräuer, J., Cacchione, T., Zickert, N., Amici, F., 2012. The effect of domestication and ontogeny in swine cognition (*Sus scrofa scrofa* and *S. s. domestica*). *Applied Animal Behaviour Science* 141, 25-35.
- Algers, B., 1993. Nursing in pigs - Communicating needs and distributing resources. *Journal of Animal Science* 71, 2826-2831.
- Andics, A., Gábor, A., Gácsi, M., Faragó, T., Szabó, D., Miklósi, Á., 2016. Neural mechanisms for lexical processing in dogs. *Science*.
- Appleby, M.C., Hughes, B.O., 1993. The future of applied ethology. *Applied Animal Behaviour Science* 35, 389-395.
- Arave, C.W., 1996. Assessing sensory capacity of animals using operant technology. *Journal of Animal Science* 74, 1996-2009.
- August, P.V., John, G.T.A., 1987. Mammal Sounds and Motivation-Structural Rules: A Test of the Hypothesis. *Journal of Mammalogy* 68, 1-9.
- Bänziger, T., Grandjean, D., Bernard, P.-J., Klasmeyer, G., Scherer, K.R., 2002. Prosodie de l'émotion : étude de l'encodage et du décodage. *Cahier de Linguistique Française* 23, 11-37.
- Barnett, J.L., Hemsworth, P.H., Hennessy, D.P., McCallum, T.H., Newman, E.A., 1994. The effects of modifying the amount of human contact on behavioural, physiological and production responses of laying hens. *Applied Animal Behaviour Science* 41, 87-100.
- Belin, P., Fecteau, S., Charest, I., Nicastro, N., Hauser, M.D., Armony, J.L., 2008. Human cerebral response to animal affective vocalizations. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences* 275, 473-481.
- Belyaev, D.K., 1979. Destabilizing selection as a factor in domestication. *Journal of Heredity* 70, 301-308.
- Boissy, A., Le Neindre, P., Gastinel, P.L., Bouix, J., 2002. Génétique et adaptation comportementale chez les ruminants : perspectives pour améliorer le bien-être en élevage. *INRA Prod. Anim* 15, 373-382.
- Boissy, A., Lévy, F., Nowak, R., Boivin, X., 2009. Diversité des comportements sociaux chez les mammifères domestiques, in: Boissy, A., Pham-Delègue, M.H., Baudoin, C. (Eds.), *Éthologie appliquée. Comportements animaux et humains, questions de société*, Quae, pp. 67-78.
- Boissy, A., Manteuffel, G., Jensen, M.B., Moe, R.O., Spruijt, B., Keeling, L.J., Winckler, C., Forkman, B., Dimitrov, I., Langbein, J., Bakken, M., Veissier, I., Aubert, A., 2007. Assessment of positive emotions in animals to improve their welfare. *Physiol Behav* 92, 375-397.
- Boivin, X., Bensoussan, S., L'Hotellier, N., Bignon, L., Brives, H., Brule, A., Godet, J., Grannec, M.L., Hausberger, M., Kling-Eveillard, F., Tallet, C., Courboulay, V., 2012. Humans and livestock animals at work: toward a multidisciplinary approach of relational practices. *Inra Prod. Anim.* 25, 159-167.
- Boivin, X., Braastad, B.O., 1996. Effects of handling during temporary isolation after early weaning on goat kids' later response to humans. *Applied Animal Behaviour Science* 48, 61-71.
- Boivin, X., Garel, J.P., Durier, C., Le Neindre, P., 1998a. Is gentling by people rewarding for beef calves? *Applied Animal Behaviour Science* 61, 1-12.
- Boivin, X., Garel, J.P., Mante, A., Le Neindre, P., 1998b. Beef calves react differently to different handlers according to the test situation and their previous interactions with their caretaker. *Applied Animal Behaviour Science* 55, 245-257.
- Boivin, X., Le Neindre, P., Boissy, A., Lensink, B.J., Trillat, G., Veissier, I., 2003a. Stock breeder and large herbivores: a relationship to be maintained. *Prod. Anim.* 16, 101-115.

- Boivin, X., Le Neindre, P., Chupin, J. M., Garel, J. P., Trillat, G., 1992. Influence of breed and early management on ease of handling and open-field behaviour of cattle. *Applied Animal Behaviour Science* 32, 313-323.
- Boivin, X., Lensink, B.J., Tallet, C., Veissier, I., 2003b. Stockmanship and farm animal welfare. *Animal Welfare* 12, 479-492.
- Boivin, X., Tournadre, H., Le Neindre, P., 2000. Hand-feeding and gentling influence early-weaned lambs' attachment responses to their stockperson. *Journal of Animal Science* 78, 879-884.
- Bowles, A.E., 1995. Responses of wildlife to noise, *Wildlife and recreationists. Coexistence through management and research.*, Island Press Washington, DC, USA, pp. 109-156.
- Brajon, S., Laforest, J.-P., Bergeron, R., Tallet, C., Hötzel, M.-J., Devillers, N., 2015. Persistency of the piglet's reactivity to the handler following a previous positive or negative experience. *Applied Animal Behaviour Science* 162, 9-19.
- Bräuer, J., Kaminski, J., Riedel, J., Call, J., Tomasello, M., 2006. Making inferences about the location of hidden food: social dog, causal ape. *J Comp Psychol* 120, 38-47.
- Breuer, K., Hemsworth, P.H., Barnett, J.L., Matthews, L.R., Coleman, G.J., 2000. Behavioural response to humans and the productivity of commercial dairy cows. *Appl Anim Behav Sci* 66, 273-288.
- Breuer, K., Hemsworth, P.H., Coleman, G.J., 2003. The effect of positive or negative handling on the behavioural and physiological responses of nonlactating heifers. *Applied Animal Behaviour Science* 84, 3-22.
- Briefer, E.F., 2012. Vocal expression of emotions in mammals: mechanisms of production and evidence. *Journal of Zoology* 288, 1-20.
- Briefer, E.F., Maigrot, A.-L., Mandel, R., Freymond, S.B., Bachmann, I., Hillmann, E., 2015. Segregation of information about emotional arousal and valence in horse whinnies. *Sci Rep* 4, 9989.
- Broadfoot, J., 1970. pig (*Sus*) a misunderstood animal. *Inst Anim Tech J*.
- Browne, W.J., Caplen, G., Edgar, J., Wilson, L.R., Nicol, C.J., 2010. Consistency, transitivity and inter-relationships between measures of choice in environmental preference tests with chickens. *Behav Processes* 83, 72-78.
- Brudzynski, S.M., 2007. Ultrasonic calls of rats as indicator variables of negative or positive states: Acetylcholine-dopamine interaction and acoustic coding. *Behav Brain Res* 182, 261-273.
- Byrnit, J.T., 2009. Gorillas' (*Gorilla gorilla*) use of experimenter-given manual and facial cues in an object-choice task. *Anim Cogn* 12, 401-404.
- Cairns, R.B., Johnson, D.L., 1965. The development of interspecies social attachments. *Psychonomic Science*.
- Call, J., Agnetta, B., Tomasello, M., 2000. Cues that chimpanzees do and do not use to find hidden objects. *Anim Cogn* 3, 23-34.
- Chevallier, D., 1987. Le statut de l'animal, L'homme, le porc, l'abeille et le chien. La relation homme-animal dans le Haut-Diois, Institut d'éthnologie, Paris, pp. 169-191.
- Collignon, O., Girard, S., Gosselin, F., Roy, S., Saint-Amour, D., Lassonde, M., Lepore, F., 2008. Audio-visual integration of emotion expression. *Brain Research* 1242, 126-135.
- Collin, S., 2014. Enquêtes auprès d'éleveurs porcins sur les relations de communication en élevage, Institut National de la Recherche Agronomique, p. 40.
- Collin, S., Bensoussan, S., Courboulay, V., Kling-Eveillard, F., Meunier-Salaün, M.C., Tallet, C., 2016. Enquête sur les pratiques de communication des éleveurs de porcs avec leurs animaux, Journées de la recherche porcine, Institut de la Filière Porcine, Paris.
- Cosmides, L., 1983. Invariances in the acoustic expression of emotion during speech. *J. Exp. Psychol.-Hum. Percept. Perform.* 9, 864-881.
- Cosnier, J., 1982. Introduction, in: Cosnier, J., Berrendonner, A., Coulon, J., Orecchioni, C. (Eds.), *Les Voies du langage communications verbales, gestuelles et animales*, Dunod, Paris, pp. 1-13.
- Coulon, J., 1982. La communication animale, *Les Voies du langage communications verbales, gestuelles et animales*, Dunod, pp. 182-252.

- Coulon, M., Nowak, R., Peyrat, J., Chandèze, H., Boissy, A., Boivin, X., 2015. Do Lambs Perceive Regular Human Stroking as Pleasant? Behavior and Heart Rate Variability Analyses. *PLoS ONE* 10, e0118617.
- Croney, C.C., Adams, K.M., Washington, C.G., Stricklin, W.R., 2003. A note on visual, olfactory and spatial cue use in foraging behavior of pigs: indirectly assessing cognitive abilities. *Applied Animal Behaviour Science* 83, 303-308.
- Denis, B., 2014. L'animal et l'éthique, Ecole Nationale Vétérinaire, Agroalimentaire et de l'Alimentation Nantes Atlantique, Nantes, p. 11.
- Désiré, L., Boissy, A., Veissier, I., 2002. Emotions in farm animals: a new approach to animal welfare in applied ethology. *Behav Processes* 60, 165-180.
- Dockès, A., Kling-Eveillard, F., 2007. Les représentations de l'animal et du bien-être animal par les éleveurs français. *Inra Prod. Anim.* 20, 23.
- Edwards, L.E., Coleman, G.J., Hemsworth, P.H., 2013. Close human presence reduces avoidance behaviour in commercial caged laying hens to an approaching human. *Anim. Prod. Sci.* 53, 1276-1282.
- Encyclopedia, 2010. Relationship, In: Mills, D.S., Marchant-Forde, J.N., McGreevy, P.D., Morton, D.B., Nicol, C.J., Phillips, C.J.C., Sandoe, P., Swaisgood, R.R. (Eds.), *The encyclopedia of applied animal behaviour and welfare*, CABI, pp. 517-518.
- Engel, L.R., Frum, C., Puce, A., Walker, N.A., Lewis, J.W., 2009. Different categories of living and non-living sound-sources activate distinct cortical networks. *Neuroimage* 47, 1778-1791.
- Estep, D.Q., Hetts, S., 1992. Interactions, relationships, and bonds : the conceptual basis for scientist-animal relations, in: Davis, H., Balfour, D.A. (Eds.), *The Inevitable Bond: Examining Scientist-Animal Interactions*, Cambridge University Press, pp. 6-26.
- Feh, C., de Mazières, J., 1993. Grooming at a preferred site reduces heart rate in horses. *Animal Behaviour* 46, 1191-1194.
- Fichtel, C., Kurt, H., Jurgens, U., 2001. On the Vocal Expression of Emotion. A Multi-Parametric Analysis of Different States of Aversion in the Squirrel Monkey. *Behaviour* 138, 97-116.
- Fraser, D., 1980. A review of the behavioral mechanism of milk ejection of the domestic pig. *Applied Animal Ethology* 6, 247-255.
- Fraser, D., Kramer, D.L., Pajor, E.A., Weary, D.M., 1995. Conflict and cooperation: sociobiological principles and the behaviour of pigs. *Applied Animal Behaviour Science* 44, 139-157.
- Fukuzawa, M., Mills, D.S., Cooper, J.J., 2005. The effect of human command phonetic characteristics on auditory cognition in dogs (*Canis familiaris*). *J Comp Psychol* 119, 117-120.
- Galvan, M., Vonk, J., 2015. Man's other best friend: domestic cats (*F. silvestris catus*) and their discrimination of human emotion cues. *Anim Cogn.*
- Giuffra, E., Kijas, J.M.H., Amarger, V., Carlborg, O., Jeon, J.T., Andersson, L., 2000. The origin of the domestic pig: Independent domestication and subsequent introgression. *Genetics* 154, 1785-1791.
- Goffi, J.-Y., 1997. Animaux, in: Canto-Sperber, M. (Ed.), *Dictionnaire d'Éthique Et de Philosophie Morale*, Presses Universitaires de France, pp. 60-64.
- Gonyou, H.W., Hemsworth, P.H., Barnett, J.L., 1986. Effects of frequent interactions with humans on growing pigs. *Applied Animal Behaviour Science* 16, 269-278.
- Grandin, T., 1989. Behavioral principles of livestock handling.
- Graves, H.B., 1984. Behavior and Ecology of Wild and Feral Swine (*Sus Scrofa*). *Journal of Animal Science* 58, 482-492.
- Guesdon, V., Nowak, R., Meurisse, M., Boivin, X., Cornilleau, F., Chaillou, E., Lévy, F., 2016. Behavioral evidence of heterospecific bonding between the lamb and the human caregiver and mapping of associated brain network. *Psychoneuroendocrinology* 71, 159-169.
- Guichet, J.-L., 2011. Conclusion. Problèmes contemporains dans la relation entre l'homme et l'animal., In: ruraux, C.g.d.l.a.d.l.a.e.d.e. (Ed.), *L'évolution des relations entre l'homme et l'animal. Une approche transdisciplinaire.*, Paris, pp. 34-38.
- Hare, B., 2001. Can competitive paradigms increase the validity of experiments on primate social cognition? *Anim Cogn* 4, 269-280.

- Hare, B., Plyusnina, I., Ignacio, N., Schepina, O., Stepika, A., Wrangham, R., Trut, L., 2005. Social Cognitive Evolution in Captive Foxes Is a Correlated By-Product of Experimental Domestication. *Current Biology* 15, 226-230.
- Hare, B., Rosati, A., Kaminski, J., Bräuer, J., Call, J., Tomasello, M., 2010. The domestication hypothesis for dogs' skills with human communication: a response to Udell et al. (2008) and Wynne et al. (2008). *Animal Behaviour* 79, e1-e6.
- Hare, B., Tomasello, M., 2005. Human-like social skills in dogs? *Trends Cogn Sci* 9, 439-444.
- Harlow, H.F., Zimmerman, R.R., 1959. Affectional Response in the Infant Monkey. *Science* 130, 421-431.
- Hart, B.L., Hart, L.A., MOORING, M.S., 1990. Differential foraging of oxpeckers on impala in comparison with sympatric antelope species. *African Journal of Ecology* 28, 240-249.
- Hauser, M.D., 1996a. Psychological design and communication, *The evolution of communication*, The MIT Press, Cambridge, Massachusetts, pp. 471-608.
- Hauser, M.D., 1996b. Synopsis of the Argument, *The evolution of communication*, MIT Press, pp. 1-16.
- Hauser, M.D., Konishi, M., 1999. Conceptual Issues in the Study of Communication, *The design of animal communication* The MIT Press, pp. 71-109.
- Hediger, H., 1965. Man as a social partner of animals and vice versa, *Symposium of the Zoological Society of London*, pp. 291-300.
- Hediger, H.K.P., 1981. The Clever Hans Phenomenon from an Animal Psychologist's Point of View. *Annals of the New York Academy of Sciences* 364, 1-17.
- Heffner, H.E., 1998. Auditory awareness. *Applied Animal Behaviour Science* 57, 259-268.
- Heffner, R.S., Heffner, H.E., 1989. Sound localization, use of binaural cues and the superior olivary complex in pigs. *Brain, behavior and evolution* 33, 248-258.
- Heffner, R.S., Heffner, H.E., 1990. Hearing in domestic pigs (*Sus scrofa*) and goats (*Capra hircus*). *Hearing Research* 48, 231-240.
- Hemsworth, P.H., 2003. Human-animal interactions in livestock production. *Applied Animal Behaviour Science* 81, 185-198.
- Hemsworth, P.H., 2007. Ethical stockmanship. *Aust Vet J* 85, 194-200.
- Hemsworth, P.H., 2008. Human-pig relationships, in: Faucitano, L., Schaefer, A.L. (Eds.), *Welfare of pigs from birth to slaughter*, Wageningen Academic Pub.
- Hemsworth, P.H., Barnett, J.L., 1987. Human-animal interactions. *Vet Clin North Am Food Anim Pract* 3, 339-356.
- Hemsworth, P.H., Barnett, J.L., 1991. The effects of aversively handling pigs, either individually or in groups, on their behaviour, growth and corticosteroids. *Applied Animal Behaviour Science* 30, 61-72.
- Hemsworth, P.H., Barnett, J.L., Coleman, G.J., Hansen, C., 1989. A study of the relationships between the attitudinal and behavioural profiles of stockpersons and the level of fear of humans and reproductive performance of commercial pigs. *Applied Animal Behaviour Science* 23, 301-314.
- Hemsworth, P.H., Barnett, J.L., Hansen, C., 1981a. The influence of handling by humans on the behavior, growth, and corticosteroids in the juvenile female pig. *Hormones and Behavior* 15, 396-403.
- Hemsworth, P.H., Barnett, J.L., Hansen, C., 1987. The influence of inconsistent handling by humans on the behaviour, growth and corticosteroids of young pigs. *Applied Animal Behaviour Science* 17, 245-252.
- Hemsworth, P.H., Barnett, J.L., Treacy, D., Madgwick, P., 1990. The heritability of the trait fear of humans and the association between this trait and subsequent reproductive performance of gilts. *Applied Animal Behaviour Science* 25, 85-95.
- Hemsworth, P.H., Boivin, X., 2011. Human contact, in: Appleby, M.C., Mench, J.A., Olsson, I.A.S., Hughes, B.O. (Eds.), *Animal Welfare*, C.A.B. International, pp. 246-262.
- Hemsworth, P.H., Brand, A., Willems, P., 1981b. The behavioural response of sows to the presence of human beings and its relation to productivity. *Livestock Production Science* 8, 67-74.

- Hemsworth, P.H., Coleman, G.J., 2011a. Changing Stockpeople Attitudes and Behaviour, Human-livestock interactions: The stockperson and the productivity of intensively farmed animals, CABI, pp. 135-152.
- Hemsworth, P.H., Coleman, G.J., 2011b. Conclusion: Current and Future Opportunities to Improve Human-Animal Interactions in Livestock Production, Human-livestock interactions: The stockperson and the productivity of intensively farmed animals, CABI, pp. 153-168.
- Hemsworth, P.H., Coleman, G.J., 2011c. Farm Animal Welfare: Assessment, Issues and Implications, Human-livestock interactions: The stockperson and the productivity of intensively farmed animals, CABI, pp. 21-46.
- Hemsworth, P.H., Coleman, G.J., 2011d. Human-animal interactions and animal productivity and welfare, Human-livestock interactions: The stockperson and the productivity of intensively farmed animals, CABI, pp. 47-83.
- Hemsworth, P.H., Coleman, G.J., 2011e. A model of stockperson-animal interactions and their implications for livestock, Human-livestock interactions: The stockperson and the productivity of intensively farmed animals, CABI, pp. 120-134.
- Hemsworth, P.H., Coleman, G.J., 2011f. Stockperson Behaviour and Animal Behaviour, Human-livestock interactions: The stockperson and the productivity of intensively farmed animals, CABI, pp. 103-119.
- Hemsworth, P.H., Coleman, G.J., Barnett, J.L., Jones, R.B., 1994. Behavioural responses to humans and the productivity of commercial broiler chickens. *Applied Animal Behaviour Science* 41, 101-114.
- Hemsworth, P.H., Gonyou, H.W., Dziuk, P.J., 1986. Human-communication with pigs - the behavioral response of pigs to specific human signals. *Applied Animal Behaviour Science* 15, 45-54.
- Hemsworth, P.H., Price, E.O., Borgwardt, R., 1996a. Behavioural responses of domestic pigs and cattle to humans and novel stimuli. *Applied Animal Behaviour Science* 50, 43-56.
- Hemsworth, P.H., Verge, J., Coleman, G.J., 1996b. Conditioned approach-avoidance responses to humans: the ability of pigs to associate feeding and aversive social experiences in the presence of humans with humans. *Applied Animal Behaviour Science* 50, 71-82.
- Henry, S., Hemery, D., Richard, M.A., Hausberger, M., 2005. Human-mare relationships and behaviour of foals toward humans. *Applied Animal Behaviour Science* 93, 341-362.
- Henry, S., Richard-Yris, M.A., Hausberger, M., 2006. Influence of various early human-foal interferences on subsequent human-foal relationship. *Dev Psychobiol* 48, 712-718.
- Herman, L.M., Abichandani, S.L., Elhajj, A.N., Herman, E.Y.K., Sanchez, J.L., Pack, A.A., 1999. Dolphins (*Tursiops truncatus*) comprehend the referential character of the human pointing gesture. *J Comp Psychol* 113, 347-364.
- Hernádi, A., Kis, A., Turcsán, B., Topál, J., 2012. Man's Underground Best Friend: Domestic Ferrets, Unlike the Wild Forms, Show Evidence of Dog-Like Social-Cognitive Skills. *PLoS ONE* 7, e43267.
- Hinde, R.A., 1976. Describing relationships. *J. Child Psychol. Psychiatry Allied Discip.* 17, 1-19.
- Horrell, I., Hodgson, J., 1992. The bases of sow-piglet identification. 2. Cues used by piglets to identify their dam and home pen. *Applied Animal Behaviour Science* 33, 329-343.
- Hulsen, J., Scheepends, K., 2007. *Signes de Porcs*. Roodbont.
- Internet Memory Foundation, 2012. [ARCHIVED CONTENT] UK Government Web Archive – The National Archives ;, p. Farm Animal Welfare Council Five Freedoms.
- Ivarsdotter, A., 2002. And the cattle follow her, for they know her voice... On communication between women and cattle in Scandinavian pastures, In: Rome), B.S.F.t.S.i.i. (Ed.), *PECUS. Man and Animal in Antiquity*, Swedish Institute in Rome, pp. 146-149.
- Jane, J.A., Masterton, R.B., Diamond, I.T., 1965. The function of the tectum for attention to auditory stimuli in the cat. *Journal of Comparative Neurology* 125, 165-191.
- Jensen, P., 2002. *The Ethology of Domestic Animals: An Introductory Text*. CABI Pub.
- Jensen, P., Algers, B., 1984. An ethogram of piglet vocalizations during suckling. *Applied Animal Ethology* 11, 237-248.

- Jones, B.R., 1993. Reduction of the domestic chick's fear of human beings by regular handling and related treatments. *Animal Behaviour* 46, 991-998.
- Jones, B.R., Boissy, A., 2011. Fear and Other Negative Emotions, in: Appleby, M.C., Mench, J.A., Olsson, I.A.S., Hughes, B.O. (Eds.), *Animal Welfare*, C.A.B. International, pp. 78-97.
- Jones, B.R., Waddington, D., 1993. Attenuation of the domestic chick's fear of human beings via regular handling: in search of a sensitive period. *Applied Animal Behaviour Science* 36, 185-195.
- Jones, R.B., Satterillee, D.G., Ryder, F.H., 1994. Fear of humans in Japanese quail selected for low or high adrenocortical response. *Physiol Behav* 56, 379-383.
- Juslin, P.N., Laukka, P., 2003. Communication of emotions in vocal expression and music performance: Different channels, same code? *Psychol. Bull.* 129, 770-814.
- Kalmus, H., 1955. The discrimination by the nose of the dog of individual human odours and in particular of the odours of twins. *The British Journal of Animal Behaviour* 3, 25-31.
- Kaminski, J., Riedel, J., Call, J., Tomasello, M., 2005. Domestic goats, *Capra hircus*, follow gaze direction and use social cues in an object choice task. *Animal Behaviour* 69, 11-18.
- Kendrick, K.M., Hinton, M.R., Atkins, K., Haupt, M.A., Skinner, J.D., 1998. Mothers determine sexual preferences. *Nature* 395, 229-230.
- Kiley-Worthington, M., 1990. Handling and training, is it cruel?, *Animals in circuses and zoos: Chiron's world*, Little Eco-Farms Publishing.
- Kiley, M., 1972. The vocalizations of ungulates, their causation and function. *Zeitschrift fur Tierpsychologie* 31, 171-222.
- Kitchen, D.M., Bergman, T.J., Cheney, D.L., Nicholson, J.R., Seyfarth, R.M., 2010. Comparing responses of four ungulate species to playbacks of baboon alarm calls. *Anim Cogn* 13, 861-870.
- Koba, Y., Tanida, H., 1999. How do miniature pigs discriminate between people? The effect of exchanging cues between a non-handler and their familiar handler on discrimination. *Applied Animal Behaviour Science* 61, 239-252.
- Kornum, B.R., Knudsen, G.M., 2011. Cognitive testing of pigs (*Sus scrofa*) in translational biobehavioral research. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews* 35, 437-451.
- Kostarczyk, E., 1992. The use of dog-human interaction as a reward in instrumental conditioning and its impact on dog's cardiac regulation, in: Davis, H., Balfour, D.A. (Eds.), *The inevitable bond. Examining scientific-animal interactions*, Cambridge University Press, pp. 109-131.
- Lansade, L., Bertrand, M., Boivin, X., Bouissou, M.-F., 2004. Effects of handling at weaning on manageability and reactivity of foals. *Applied Animal Behaviour Science* 87, 131-149.
- Laukka, P., Juslin, P., Bresin, R., 2005. A dimensional approach to vocal expression of emotion. *Cognition and Emotion* 19, 633-653.
- Le Neindre, P., Poindron, P., Trillat, G., Orgeur, P., 1993. Influence of breed on reactivity of sheep to humans. *Genetics Selection Evolution* 25, 1.
- Leavens, D.A., Hopkins, W.D., 1999. The Whole-Hand Point: The Structure and Function of Pointing From a Comparative Perspective. *Journal of comparative psychology* (Washington, D.C. : 1983) 113, 417-425.
- Lemasson, A., Ouattara, K., Bouchet, H., Zuberbühler, K., 2010. Speed of call delivery is related to context and caller identity in Campbell's monkey males. *Naturwissenschaften* 97, 1023-1027.
- Lensink, B.J., 2002. The human-animal relationship in animal production, *First Virtual Global Conference on Organic Beef Cattle Production*.
- Lensink, B.J., Boissy, A., Veissier, I., 2000a. The relationship between farmers' attitude and behaviour towards calves, and productivity of veal units. *Ann. Zootech.* 49, 313-327.
- Lensink, B.J., Boivin, X., Pradel, P., Le Neindre, P., Veissier, I., 2000b. Reducing veal calves' reactivity to people by providing additional human contact. *Journal of Animal Science* 78, 1213-1218.
- Lensink, B.J., Fernandez, X., Cozzi, G., Florand, L., Veissier, I., 2001. The influence of farmers' behavior on calves' reactions to transport and quality of veal meat. *Journal of Animal Science* 79, 642-652.

- Lewis, J.W., Brefczynski, J.A., Phinney, R.E., Janik, J.J., DeYoe, E.A., 2005. Distinct Cortical Pathways for Processing Tool *versus* Animal Sounds. *The Journal of Neuroscience* 25, 5148-5158.
- Ligout, S., Bouissou, M.-F., Boivin, X., 2008. Comparison of the effects of two different handling methods on the subsequent behaviour of Anglo-Arabian foals toward humans and handling. *Applied Animal Behaviour Science* 113, 175-188.
- Lott, D.F., Hart, B.L., 1979. Applied ethology in a nomadic cattle culture. *Applied Animal Ethology* 5, 309-319.
- Lynch, J.J., Fregin, G.F., Mackie, J.B., Monroe, R.R., Jr., 1974. Heart rate changes in the horse to human contact. *Psychophysiology* 11, 472-478.
- Magrath, R.D., Pitcher, B.J., Gardner, J.L., 2009. Recognition of other species' aerial alarm calls: speaking the same language or learning another? *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences* 276, 769-774.
- Malavasi, R., Huber, L., 2016. Evidence of heterospecific referential communication from domestic horses (*Equus caballus*) to humans. *Anim Cogn*, 1-11.
- Manteuffel, G., Puppe, B., Schön, P.C., 2004. Vocalization of farm animals as a measure of welfare. *Applied Animal Behaviour Science* 88, 163-182.
- Marchant, J.N., Whittaker, X., Broom, D.M., 2001. Vocalisations of the adult female domestic pig during a standard human approach test and their relationships with behavioural and heart rate measures. *Applied Animal Behaviour Science* 72, 23-39.
- Markowitz, T.M., Dally, M.R., Gursky, K., Price, E.O., 1998. Early handling increases lamb affinity for humans. *Animal Behaviour* 55, 573-587.
- Marler, P., Hamilton, W.J., 1966a. Acoustical Communication, Mechanisms of animal behavior, John Wiley & sons, inc., pp. 426-479.
- Marler, P., Hamilton, W.J., 1966b. Responsiveness to mechanical disturbance: audition, Mechanisms of animal behavior, John Wiley & sons, inc., pp. 397-425.
- Martel, G., Depoudent, C., Roguet, C., Gallot, S., Pineau, C., 2012. The work of pig and poultry farmers: a large diversity of strategies, expectations, durations and productivity. *Inra Prod. Anim.* 25, 113-125.
- Maruscakova, I.L., Linhart, P., Ratcliffe, V.F., Tallet, C., Reby, D., Spinka, M., 2015. Humans (*Homo sapiens*) Judge the Emotional Content of Piglet (*Sus scrofa domestica*) Calls Based on Simple Acoustic Parameters, not Personality, Empathy, nor Attitude Toward Animals. *J Comp Psychol* 129, 121-131.
- Mateo, J.M., Estep, D.Q., McCann, J.S., 1991. Effects of differential handling on the behavior of domestic ewes (*Ovis aries*). *Applied Animal Behaviour Science* 32, 45-54.
- McBride, S.D., Hemmings, A., Robinson, K., 2004. A preliminary study on the effect of massage to reduce stress in the horse. *Journal of Equine Veterinary Science* 24, 76-81.
- McComb, K., Shannon, G., Sayialel, K.N., Moss, C., 2014. Elephants can determine ethnicity, gender, and age from acoustic cues in human voices. *Proc Natl Acad Sci U S A*.
- McConnell, P.B., 1990. Acoustic structure and receiver response in domestic dogs, *Canis familiaris*. *Animal Behaviour* 39, 897-904.
- McConnell, P.B., Baylis, J.R., 1985. Interspecific Communication in Cooperative Herding: Acoustic and Visual Signals from Human Shepherds and Herding Dogs. *Zeitschrift fur Tierpsychologie* 67, 302-328.
- Mendl, M., 1999. Performing under pressure: stress and cognitive function. *Applied Animal Behaviour Science* 65, 221-244.
- Meunier-Salaün, M.C., Picard, M., 1996. Les facteurs des choix alimentaires chez le porc et les volailles. *INRA Prod. Anim* 9, 339-348.
- Mignon-Grasteau, S., Boissy, A., Bouix, J., Faure, J.-M., Fisher, A.D., Hinch, G.N., Jensen, P., Le Neindre, P., Mormède, P., Prunet, P., Vandeputte, M., Beaumont, C., 2005. Genetics of adaptation and domestication in livestock. *Livestock Production Science* 93, 3-14.
- Miklósi, A., Kubinyi, E., Topál, J., Gácsi, M., Virányi, Z., Csányi, V., 2003. A Simple Reason for a Big Difference: Wolves Do Not Look Back at Humans, but Dogs Do. *Current Biology* 13, 763-766.

- Miklósi, A., Pongracz, P., Lakatos, G., Topal, J., Csanyi, V., 2006. A comparative study of the use of visual communicative signals in interactions between dogs (*Canis familiaris*) and humans and cats (*Felis catus*) and humans. *J Comp Psychol* 119, 179-186.
- Miklósi, A., Soproni, K., 2006. A comparative analysis of animals' understanding of the human pointing gesture. *Anim Cogn* 9, 81-93.
- Mills, D., Fukuzawa, M., Cooper, J., 2005. The effect of emotional content of verbal commands on the response of dogs, Current issues and research in veterinary behavioural medicine—papers presented at the 5th international veterinary behavior meeting, Purdue University Press, West Lafayette, pp. 217-220.
- Mills, D.S., 2005. What's in a word? A review of the attributes of a command affecting the performance of pet dogs. *Anthrozoös* 18, 208-221.
- Miura, A., Tanida, H., Tanaka, T., Yoshimoto, T., 1996. The influence of human posture and movement on the approach and escape behaviour of weanling pigs. *Applied Animal Behaviour Science* 49, 247-256.
- Montagner, H., 2003. La relation enfant-animal, in: Galinon-Méléneq, B. (Ed.), *Homme/ animal: quelles relations ? Quelles communications ?*, Les universités de Rouen et du Havre, Dieppe, pp. 21-69.
- Morton, E.S., 1977. On the occurrence and significance of motivation-structural rules in some bird and mammal sounds. *American Naturalist*, 855-869.
- Nawroth, C., Ebersbach, M., von Borell, E., 2013a. Are juvenile domestic pigs (*Sus scrofa domestica*) sensitive to the attentive states of humans?--The impact of impulsivity on choice behaviour. *Behav Processes* 96, 53-58.
- Nawroth, C., Ebersbach, M., Von Borell, E., 2013b. Juvenile domestic pigs (*Sus scrofa domestica*) use human-given cues in an object choice task, *Anim Cogn*, Springer Berlin Heidelberg, p. 13.
- Nawroth, C., Ebersbach, M., von Borell, E., 2013c. A note on pigs' knowledge of hidden objects. *ARCHIV FÜR TIERZUCHT-ARCHIVES OF ANIMAL BREEDING* 56, 861-872.
- Nawroth, C., von Borell, E., 2015. Domestic pigs' (*Sus scrofa domestica*) use of direct and indirect visual and auditory cues in an object choice task. *Anim Cogn* 18, 757-766.
- Nicastro, N., Owren, M.J., 2003. Classification of domestic cat (*Felis catus*) vocalizations by naive and experienced human listeners. *J Comp Psychol* 117, 44-52.
- Nicol, C.J., 1995. The social transmission of information and behaviour. *Applied Animal Behaviour Science* 44, 79-98.
- Onfray, M., 2016. Darwin a eu lieu, In: *comportementale*, G.M.e.P. (Ed.), 46ème COLLOQUE de la Société Française pour l'Etude du Comportement Animal, Université Caen Normandie, Caen.
- Owren, M.J., Rendall, D., 1997. An affect-conditioning model of nonhuman primate vocal signaling, *Communication*, Springer, pp. 299-346.
- Owren, M.J., Rendall, D., Ryan, M.J., 2010. Redefining animal signaling: influence *versus* information in communication. *Biology & Philosophy* 25, 755-780.
- Pack, A.A., Herman, L.M., 2004. Bottlenosed dolphins (*Tursiops truncatus*) comprehend the referent of both static and dynamic human gazing and pointing in an object-choice task. *J Comp Psychol* 118, 160-171.
- Pajor, E.A., Rushen, J., de Passillé, A.M.B., 2000. Aversion learning techniques to evaluate dairy cattle handling practices. *Applied Animal Behaviour Science* 69, 89-102.
- Pajor, E.A., Weary, D.M., Fraser, D., Kramer, D.L., 1999. Alternative housing for sows and litters: 1. Effects of sow-controlled housing on responses to weaning. *Applied Animal Behaviour Science* 65, 105-121.
- Pallone, G., 2003. Dilatation et transposition sous contraintes perceptives des signaux audio, Acoustique, traitement du signal et informatique appliqués à la musique, Université de la Méditerranée - Aix-Marseille II, pp. 21-25.
- Parfet, K.A.R., Gonyou, H.W., 1991. Attraction of newborn piglets to auditory, visual, olfactory and tactile stimuli. *Journal of Animal Science* 69, 125-133.
- Pearce, G.P., Paterson, A.M., Pearce, A.N., 1989. The influence of pleasant and unpleasant handling and the provision of toys on the growth and behavior of male pigs. *Applied Animal Behaviour Science* 23, 27-37.

- Pereira, C., 2000. Dimensions of emotional meaning in speech, ISCA Tutorial and Research Workshop (ITRW) on Speech and Emotion.
- Peters, G., 2002. Purring and similar vocalizations in mammals. *Mammal Review* 32, 245-271.
- Plotnik, J.M., Pokorny, J.J., Keratimanochaya, T., Webb, C., Beronja, H.F., et al. 2013. Visual cues given by humans are not sufficient for asian elephants (*elephas maximus*) to find hidden food. *PLoS ONE* 8(4): e61174. doi:10.1371/journal.pone.0061174
- Pongracz, P., Molnar, C., Miklosi, A., Csanyi, V., 2005. Human listeners are able to classify dog (*Canis familiaris*) barks recorded in different situations. *J Comp Psychol* 119, 136-144.
- Povinelli, D.J., Reaux, J.E., Bierschwale, D.T., Allain, A.D., Simon, B.B., 1997. Exploitation of pointing as a referential gesture in young children, but not adolescent chimpanzees. *Cognitive Development* 12, 423-461.
- Price, E.O., 1999. Behavioral development in animals undergoing domestication. *Applied Animal Behaviour Science* 65, 245-271.
- Price, E.O., Thos, J., 1980. Behavioral responses to short-term social isolation in sheep and goats. *Applied Animal Ethology* 6, 331-339.
- Proops, L., Rayner, J., Taylor, A.M., McComb, K., 2013. The Responses of Young Domestic Horses to Human-Given Cues. *PLoS ONE* 8, e67000.
- Proops, L., Walton, M., McComb, K., 2010. The use of human-given cues by domestic horses, *Equus caballus*, during an object choice task. *Animal Behaviour* 79, 1205-1209.
- Reimert, I., Bolhuis, J.E., Kemp, B., Rodenburg, T.B., 2013. Indicators of positive and negative emotions and emotional contagion in pigs. *Physiol Behav* 109, 42-50.
- Rendall, D., Owren, M.J., Ryan, M.J., 2009. What do animal signals mean? *Animal Behaviour* 78, 233-240.
- Richard, J.-P., 1991. Sound Analysis and Synthesis Using an Amiga Micro-Computer. *Bioacoustics* 3, 45-60.
- Romeyer, A., Bouissou, M.-F., 1992. Assessment of fear reactions in domestic sheep, and influence of breed and rearing conditions. *Applied Animal Behaviour Science* 34, 93-119.
- Rooney, N.J., Bradshaw, J.W.S., Robinson, I.H., 2000. A comparison of dog-dog and dog-human play behaviour. *Applied Animal Behaviour Science* 66, 235-248.
- Rossano, F., Carpenter, M., Tomasello, M., 2012. One-year-old infants follow others' voice direction. *Psychol Sci* 23, 1298-1302.
- Rossano, F., Nitzschner, M., Tomasello, M., 2014. Domestic dogs and puppies can use human voice direction referentially. *Proc Biol Sci* 281, 20133201.
- Rushen, J., de Passillé, A.M.B., Munksgaard, L., 1999a. Fear of People by Cows and Effects on Milk Yield, Behavior, and Heart Rate at Milking. *Journal of Dairy Science* 82, 720-727.
- Rushen, J., Taylor, A.A., de Passillé, A.M., 1999b. Domestic animals' fear of humans and its effect on their welfare. *Applied Animal Behaviour Science* 65, 285-303.
- Savalois, N., Lescureux, N., Brunois, F., 2013. Teaching the Dog and Learning from the Dog: Interactivity in Herding Dog Training and Use. *Anthrozoos: A Multidisciplinary Journal of The Interactions of People & Animals* 26, 77-91.
- Scherer, K.R., Oshinsky, J.S., 1977. Cue utilization in emotion attribution from auditory stimuli. *Motivation and Emotion* 1, 331-346.
- Scheumann, M., Call, J., 2004. The use of experimenter-given cues by South African fur seals (*Arctocephalus pusillus*). *Anim Cogn* 7, 224-230.
- Scheumann, M., Hasting, A.S., Kotz, S.A., Zimmermann, E., 2014. The Voice of Emotion across Species: How Do Human Listeners Recognize Animals' Affective States? *PLoS ONE* 9.
- Scheumann, M., Roser, A.E., Konerding, W., Bleich, E., Hedrich, H.J., Zimmermann, E., 2012. Vocal correlates of sender-identity and arousal in the isolation calls of domestic kitten (*Felis silvestris catus*). *Front. Zool.* 9.
- Schmied, C., Waiblinger, S., Scharl, T., Leisch, F., Boivin, X., 2008. Stroking of different body regions by a human: Effects on behaviour and heart rate of dairy cows. *Applied Animal Behaviour Science* 109, 25-38.
- Seabrook, M.F., 1986. The relationship between man and animals in managed systems. *Bioindustrial ecosystems. Ecosystems of the World* 21, 211-222.

- Seabrook, M.F., Bartle, N.C., 1992. Human Factors, in: Phillips, C.J.C., Piggins, D. (Eds.), *Farm Animals and the Environment*, CAB International, Cambridge, pp. 111-125.
- Seabrook, M.F., Mount, N.C., 1993. Good Stockmanship-good for animals, good for profit. *JOURNAL-ROYAL AGRICULTURAL SOCIETY OF ENGLAND* 154, 104-104.
- Shannon, C.E., Weaver, W., 1963. *The Mathematical Theory Of Communication*. The university of Illinois press, Urbana.
- Shillito Walser, E.E., 1986. Recognition of the Sow's Voice By Neonatal Piglets. *Behaviour* 99, 177-188.
- Signoret, J.P., Baldwin, B.A., Fraser, D., Hafez, E.S.E., 1975. The Behaviour of Swine, in: Hafez, E.S.E. (Ed.), *The behaviour of domestic animals*, Baillière Tindall, Londres, pp. 295-329.
- Soproni, K., Miklósi, A., Topál, J., Csányi, V., 2002. Dogs' (*Canis familiaris*) responsiveness to human pointing gestures. *J Comp Psychol* 116, 27.
- Spottiswoode, C.N., Begg, K.S., Begg, C.M., 2016. Reciprocal signaling in honeyguide-human mutualism. *Science* 353, 387-389.
- Stephens, D.B., Sharman, D.F., Ingram, D.L., Bailey, K.J., 1985. An analysis of some behavioural effects of the vibration and noise components of transport in pigs. *Quarterly Journal of Experimental Physiology* 70, 211-217.
- Szetei, V., Miklósi, Á., Topál, J., Csányi, V., 2003. When dogs seem to lose their nose: an investigation on the use of visual and olfactory cues in communicative context between dog and owner. *Applied Animal Behaviour Science* 83, 141-152.
- Tallet, C., Linhart, P., Policht, R., Hammerschmidt, K., Simeček, P., Kratinova, P., Spinka, M., 2013. Encoding of Situations in the Vocal Repertoire of Piglets (*Sus scrofa*): A Comparison of Discrete and Graded Classifications. *PLoS ONE* 8.
- Tallet, C., Rakotomahandry, M., Guérin, C., Lemasson, A., Hausberger, M., 2016. Postnatal auditory preferences in piglets differ according to maternal emotional experience with the same sounds during gestation. *Scientific Reports* 6.
- Tallet, C., Špinková, M., Maruščáková, I., Šimeček, P., 2010. Human perception of vocalizations of domestic piglets and modulation by experience with domestic pigs (*Sus scrofa*). *J Comp Psychol* 124, 81.
- Tallet, C., Sy, K., Prunier, A., Nowak, R., Boissy, A., Boivin, X., 2014. Behavioural and physiological reactions of piglets to gentle tactile interactions vary according to their previous experience with humans. *Livestock Science* 167, 331-341.
- Talling, J.C., Waran, N.K., Wathes, C.M., Lines, J.A., 1996. Behavioural and physiological responses of pigs to sound. *Applied Animal Behaviour Science* 48, 187-201.
- Tanida, H., Miura, A., Tanaka, T., Yoshimoto, T., 1994. The role of handling in communication between humans and weanling pigs. *Applied Animal Behaviour Science* 40, 219-228.
- Tanida, H., Nagano, Y., 1998. The ability of miniature pigs to discriminate between a stranger and their familiar handler. *Applied Animal Behaviour Science* 56, 149-159.
- Tanida, H., Senda, K.I., Suzuki, S., Tanaka, T., Yoshimoto, T., 1991. Color discrimination in weanling pigs. *Animal Science and Technology* 62, 1029-1034.
- Taylor, A.M., Reby, D., McComb, K., 2009. Context-Related Variation in the Vocal Growling Behaviour of the Domestic Dog (*Canis familiaris*). *Ethology* 115, 905-915.
- Titze, I.R., 2000. Voice classification and life-span changes, *Principles of Voice Production*, National Center for Voice and Speech, Iowa City, pp. 185-210.
- Tornick, J.K., Gibson, B.M., Kispert, D., Wilkinson, M., 2011. Clark's nutcrackers (*Nucifraga columbiana*) use gestures to identify the location of hidden food. *Anim Cogn* 14, 117-125.
- Udell, M.A.R., Giglio, R.F., Wynne, C.D.L., 2008. Domestic dogs (*Canis familiaris*) use human gestures but not nonhuman tokens to find hidden food. *J Comp Psychol* 122, 84-93.
- Uvnäs-Moberg, K., Alster, P., Lund, I., Lundeberg, T., Kurosawa, M., Ahlenius, S., 1996. Stroking of the Abdomen Causes Decreased Locomotor Activity in Conscious Male Rats. *Physiol Behav* 60, 1409-1411.
- Vandenheede, M., Bouissou, M.F., Picard, M., 1998. Interpretation of behavioural reactions of sheep towards fear-eliciting situations. *Applied Animal Behaviour Science* 58, 293-310.

- Veissier, I., Chambres, P., 1999. Pour une approche indirecte du bien-être animal : les représentations du veau et du chien chez des citadins, des ruraux et des éleveurs, in: Ouédraogo, A.P., Le Neindre, P. (Eds.), *L'homme et l'animal: un débat de société*, Editions Quae, pp. 129-141.
- Vigne, J.-D., 2011. The origins of animal domestication and husbandry: A major change in the history of humanity and the biosphere. *Comptes Rendus Biologies* 334, 171-181.
- Vigne, J.-D., Guilaine, J., Debue, K., Haye, L., Gérard, P., 2004. Early Taming of the Cat in Cyprus. *Science* 304, 259-259.
- Vitale Shreve, K.R., Udell, M.A., 2015. What's inside your cat's head? A review of cat (*Felis silvestris catus*) cognition research past, present and future. *Anim Cogn* 18, 1195-1206.
- Von Uexküll, J., 2001. An introduction to Umwelt. *Semiotica* 2001, 107.
- Waiblinger, S., Boivin, X., Pedersen, V., Tosi, M.-V., Janczak, A.M., Visser, E.K., Jones, R.B., 2006. Assessing the human-animal relationship in farmed species: A critical review. *Applied Animal Behaviour Science* 101, 185-242.
- Waiblinger, S., Menke, C., Coleman, G., 2002. The relationship between attitudes, personal characteristics and behaviour of stockpeople and subsequent behaviour and production of dairy cows. *Applied Animal Behaviour Science* 79, 195-219.
- Waiblinger, S., Menke, C., Fölsch, D.W., 2003. Influences on the avoidance and approach behaviour of dairy cows towards humans on 35 farms. *Applied Animal Behaviour Science* 84, 23-39.
- Waynert, D.F., Stookey, J.M., Schwartzkopf-Genswein, K.S., Watts, J.M., Waltz, C.S., 1999. The response of beef cattle to noise during handling. *Applied Animal Behaviour Science* 62, 27-42.
- Weary, D.M., Braithwaite, L.A., Fraser, D., 1998. Vocal response to pain in piglets. *Applied Animal Behaviour Science* 56, 161-172.
- Weaver, W., 1949. Recent contributions to the mathematical theory of communication. *The mathematical theory of communication*, 12.
- Wilson, E.O., 1980. *Communication : basic principles, Sociobiology*. The abridged edition. , the Belknap Press of Harvard University Press, pp. 90-99.
- Wipper, A., 2000. The Partnership: The Horse-Rider Relationship in Eventing. *Symbolic Interaction* 23, 47-70.
- Wood-Gush, D., 1983a. *Learning, Elements of ethology: a textbook for agricultural and veterinary students*, Chapman and Hall Ltd, London, pp. 1-14.
- Wood-Gush, D., 1983b. *Social Behaviour, Elements of ethology: a textbook for agricultural and veterinary students*, Chapman and Hall Ltd, London, pp. 15-55.
- Woolpy, J.H., Ginsburg, B.E., 1967. Wolf socialization: a study of temperament in a wild social species. *American Zoologist* 7, 357-363.
- Yeon, S.C., Kim, Y.K., Park, S.J., Lee, S.S., Lee, S.Y., Suh, E.H., Houpt, K.A., Chang, H.H., Lee, H.C., Yang, B.G., Lee, H.J., 2011. Differences between vocalization evoked by social stimuli in feral cats and house cats. *Behav Processes* 87, 183-189.
- Zonderland, J.J., Cornelissen, L., Wolthuis-Fillerup, M., Spoolder, H.A.M., 2008. Visual acuity of pigs at different light intensities. *Applied Animal Behaviour Science* 111, 28-37.

ANNEXES

ANNEXE I – RESUME DE LA PRESENTATION FAITE LORS DU 46^{EME}
COLLOQUE DE LA SOCIETE FRANÇAISE POUR L'ETUDE DU
COMPORTEMENT ANIMAL

Le 46^{ème} Colloque de la Société Française pour l'Etude du Comportement Animal (SFECA) s'est déroulé à Caen, du 22 au 24 mars 2016.

The role of human voice in the development of human-piglet relationship.

Résumé

Pigs (*Sus Scrofa domestica*) use auditory signals in their intraspecific relationships and are able to create relationships with humans. Though human vocal productions (40 Hz to 1.5 kHz) fit in their hearing sensitivity (42 Hz to 40.5 kHz) few studies were held on the use of human vocal signals in the pig-human relationship. We studied the behaviour of 90 weaned female piglets, allocated to three treatments, generating three types of early experience. Piglets from two treatments were habituated to the experimenter's presence 5 min/ day in the pen during three weeks: "talking to" treatment: with a broadcast of a female voice, "presence" treatment: with background noise. A "control" treatment received only routine husbandry care. Piglets were tested twice in a 3x3 m test area in the presence of the experimenter for 5 min, after a 3 min familiarization period. For the first test, voice was broadcast for the "talking to" treatment and background noise for the other two treatments, background noise for every treatment in the second test. "talking to" and "presence" treatments spent less time looking at the experimenter than control piglets ("talking to": 17.1 ± 0.9 s and "presence": 22.6 ± 1.5 s, "control": 46.5 ± 3.3 s, $p < 0.05$) and went to her contact more often during test 1 ("talking to": 1.9 ± 0.1 time and "presence": 1.8 ± 0.1 time, "control": 1.1 ± 0.1 time, $p < 0.05$). "talking to" piglets went to the experimenter's contact significantly less often when deprived of voice broadcasting (test 1: 1.9 ± 0.1 time, test 2: 1.7 ± 0.1 time, $p < 0.05$). Early habituation to human presence reduced animals' fear of the experimenter in the test area. The voice could be involved in her recognition by the piglets and suggest an impact of early exposure to human stimuli on the development of their further reactivity towards them.

Mots-Clés: relation homme, animal, porc, présence, voix

ANNEXE II – RESUME ET POSTER PRESENTES LORS DU 50^E CONGRES
INTERNATIONAL DE *L'INTERNATIONAL SOCIETY FOR APPLIED ETHOLOGY*

Le 50^e congrès de *l'International Society for Applied Ethology* (ISAE) s'est déroulé du 12 au 15 juillet 2016 à Edimbourg, au Royaume Uni.

Do piglets (*Sus scrofa domestica*) use human visual and/or vocal signals to find hidden feeding reward?

Sandy Bensoussan, Maude Cornil, Marie-Christine Meunier-Salaün and Céline Tallet
INRA, PHASE, PEGASE, Agrocampus Ouest, 35590 Saint-Gilles, France;
sandy.bensoussan@rennes.inra.fr

Though animals rarely use only one sense to communicate, few studies have been done on the use of combinations of signals between animals and humans. Piglets' ability to use human visual signals (i.e. pointing gestures) is not clearly demonstrated. They mainly use auditory signals to communicate with conspecifics and might be sensitive to human voice. This study was carried out on 28 weaned piglets. Among them, 16 piglets were submitted to a pre-test with object-choice task including four conditions to find the reward ('experienced' piglets): the experimenter statically pointed at the reward with (1) or without (2) directing a loudspeaker broadcasting vocal instructions to it; (3) the loudspeaker alone was directed to the reward or the experimenter stood motionless. All piglets were submitted to three successive individual object-choice tasks related to combinations of human signals: (1) the experimenter statically pointed at the reward and directed the loudspeaker to it; (2) the experimenter used a dynamic pointing gesture and the loudspeaker (3) the experimenter performed again the first static combination. During the pre-test, piglets did not found the reward in any case ($50.0 \pm 0.01\%$ of mean success, $P=0.42$) and results suggest that previous experience did not influence success rates (mixed model analysis, $P=0.58$). Piglets found the reward in test 2 and 3 (respectively 63.4 ± 2.1 and $61.6 \pm 2.1\%$ of mean success, binomial tests $P < 0.05$; test 1: $51.9 \pm 2.1\%$). Unexperienced piglets do not use vocal and visual signals but they can learn to use combinations of vocal and visual signals. The experience acquired on successive tests – a change from static to dynamic signal or a second presentation of a signal – could be more efficient than a previous stimuli exposure. Further investigation is needed to analyse individual variations in responses.

DO PIGLETS (*SUS SCROFA DOMESTICA*) USE HUMAN VISUAL AND/OR VOCAL SIGNALS TO FIND HIDDEN FEEDING REWARD?



SANDY BENSOUSSAN⁽¹⁾, MAUDE CORNIL⁽¹⁾, MARIE-CHRISTINE MEUNIER-SALAÜN⁽¹⁾, CÉLINE TALLET^{(1)*}
¹ PEGASE, Agrocampus Ouest, INRA, 35590 Saint-Gilles, France
 * celine.tallet-saighi@inra.fr

Introduction and Objectives

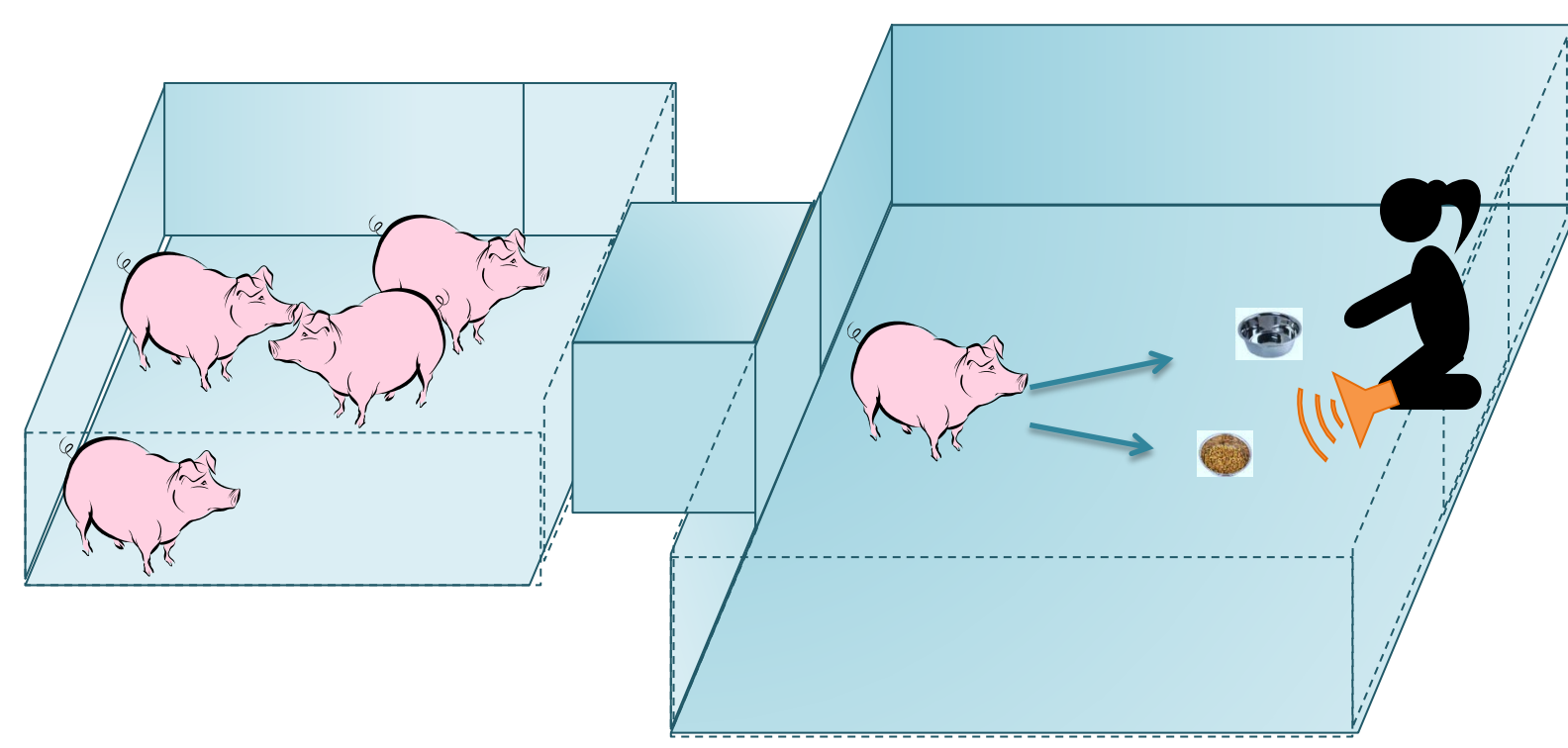
Animals use the **sensorial signals** emitted by humans in their communication to modulate their behaviours (e. g. foraging behaviour of dogs). Piglets mainly use auditory signals with conspecifics and can be sensitive to **human voice** and to **pointing gestures**. The aims of the study were to determine

- 1/ if piglets can spontaneously use **pointing gesture and/or human voice direction** to find a feeding reward in a choice test,
- 2/ the effects of **experience acquired on successive tests** using these sensorial signals on piglets' success rates in the choice task.



Materials and Methods

Tests design: object choice task:



Loudspeaker Bowls
 with without reward

Test A

n = 16
 19 trials/signal
 9 sessions

- static pointing
- voice direction
- static pointing & voice direction
- control: no cue

28 piglets
 4 weeks old
 A+ n = 16
 A- n = 12

Test B

n = 28
 5 sessions
 30 trials

Test C

n = 28
 4 sessions
 32 trials

Test D

n = 28
 3 sessions
 24 trials

Test E

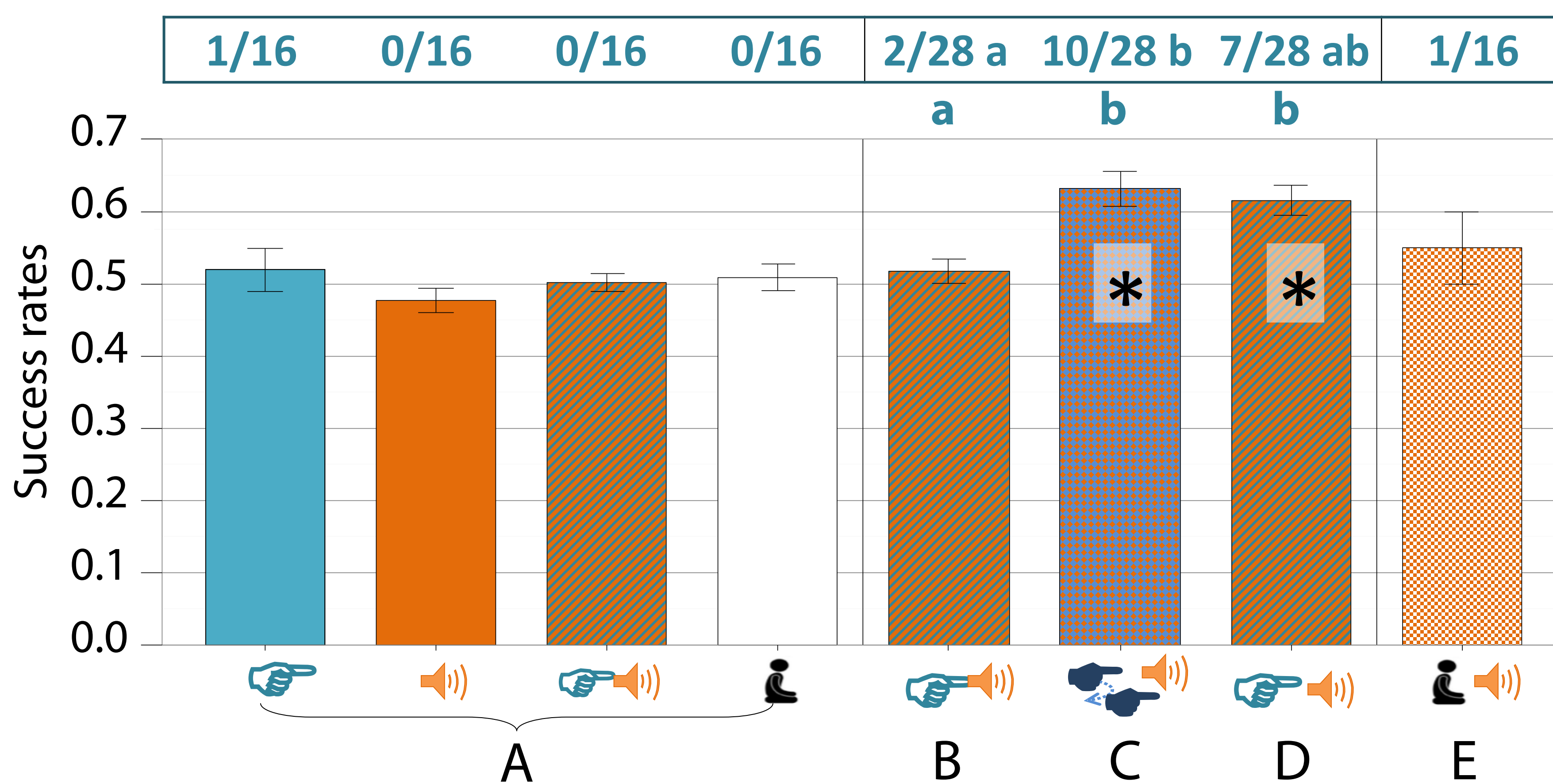
n = 16
 2 sessions
 20 trials

Signals

- static pointing
- voice direction
- static pointing & voice direction
- control: no cue
- dynamic pointing & voice direction
- voice direction & experimenter

General procedure

Results



Numbers of successful piglets

Thresholds for success rates, $p < 0.05$:

- test A: 13/19 trials
- test B: 19/30 trials
- test C: 21/32 trials
- test D: 16/24 trials
- test E: 14/20 trials

○ Test A: No differences between the sensorial signals

○ Tests B, C, D and E :

* Success rates higher than chance level
 Previous experience in test A did not increase success rates in the following tests ($p > 0.05$)

Success rates according to tests

Conclusion

1/ Piglets **did not spontaneously** use **pointing gestures or human voice** to find a feeding reward in an object-choice task but they could **learn** to use the combination of auditory and visual signals.

2/ Individual success was explained either by the **repeated exposure** to the combination of signals **along the tests**, and/or the **change** in the signal **visual component**.

Experience seems thus **necessary in our conditions** for piglets **to understand and use the signals**. **The human voice alone does not seem to be efficient**. Further investigations are needed to test the effects of different characteristics of the human voice.

ANNEXE III - RESUME ET POSTER PRESENTES LORS DES 48EME JOURNEES DE LA RECHERCHE PORCINE

Les 48^{ème} Journées de la Recherche Porcine (JRP) se sont déroulées à Paris les 2 et 3 février 2016.

Enquête sur les pratiques de communication des éleveurs de porcs avec leurs animaux

Samuel COLLIN (1,2), Sandy BENSOUSSAN (1,2), Valérie COURBOULAY (3), Florence KLING-EVEILLARD (4),
Marie-Christine MEUNIER-SALAÜN (1,2), Céline TALLET (1,2)

(1) INRA, UMR1348, PEGASE, 35590 Saint-Gilles, France

(2) Agrocampus Rennes, UMR1348, PEGASE, 35000 Rennes, France

(3) IFIP-Institut du Porc, 35651 Le Rheu Cedex, France

(4) Institut de l'Élevage, Service Approches Sociales et Travail en Élevage, 75595 Paris cedex 12, France

Celine.tallet@rennes.inra.fr

Survey on communication practices of pig farmers with their animals

Farmers daily use methods to build their relationship with their animals, consciously or not. We made a survey with semi-directive interviews, on 14 pig farmers from the western area of France, to describe the variability of communicative practices they use. We asked farmers which positive outputs they found in communicating or interacting with their animals, and how they did it. We also asked them to classify, according to them, the five senses (smell, sight, touch, taste, hearing) from the most to the least used by pigs. All farmers find an interest in interacting with their animals: facilitating their work and/or reassuring the animals. They know their behaviour and mood can impact pig behaviour. Classifying the senses used by pigs was not easy, but organic farmers consider the sense of smell as the most important, while it is hearing for conventional farmers. Recognition of the farmer by pigs seems obvious for the farmers. Some practices proposed in the interview are already used by some farmers (i.e. stroking animals). They would also be ready to use other practices (e.g. speaking, spending more time). Finally, interviewed farmers would be ready to adapt their practices or use new ones if we could show them the positive impact on their animals' behaviour and their work. Further investigation testing the impact of some proposed practices on pigs and human work will be necessary before advising and training pig farmers.

INTRODUCTION

La communication, échange de signaux interactifs, est au centre de toute relation interspécifique. Or, le temps consacré à chaque animal en élevage porcin a fortement diminué ces dernières années (Tricard *et al.*, 2015), en partie du fait d'une plus grande automatisation des systèmes. Cette réduction peut être préjudiciable à la relation entre les éleveurs et leurs animaux (Boivin *et al.*, 2012), à la fois au niveau du travail des éleveurs et du bien-être des animaux. L'identification de pratiques relationnelles, visant à améliorer la manipulation des animaux et leur bien-être (Boivin *et al.*, 2012), est donc au cœur des préoccupations liées au travail en élevage. Pour appréhender cette question, nous avons enquêté auprès d'éleveurs de porcs dans le but de décrire la variabilité des pratiques de communication qu'ils utilisent avec leurs animaux.

1. MATERIEL ET METHODES

1.1. Les enquêtes qualitatives

Des enquêtes qualitatives ont été menées sous la forme d'entretiens semi-directifs. Le guide d'entretien a été réalisé à partir de l'identification des thèmes et sous-thèmes à aborder avec les éleveurs enquêtés. L'enquête qualitative a pour but de décrire et analyser la diversité des attitudes (aussi appelées représentations sociales) au sein de la population étudiée mais pas de les quantifier (Kling-Eveillard *et al.*, 2012).

Les entretiens semi-directifs favorisent l'expression spontanée des personnes enquêtées, et des relances permettent d'aborder progressivement les différents thèmes et sous-thèmes du guide d'entretien.

1.2. La population enquêtée

Quatorze éleveurs de porcs naisseurs-engraisseurs du Grand-Ouest (six en agriculture conventionnelle et huit en agriculture biologique) ont été enquêtés. Ils étaient âgés de 28 à 55 ans et détenaient entre 15 et 200 truies. Les élevages en agriculture biologique étaient plus petits (15 à 130 truies) que ceux en agriculture conventionnelle (110 à 200 truies). La majorité des bâtiments des élevages en agriculture conventionnelle étaient sur sol caillebotis (sauf deux qui conduisaient la partie gestation et/ou engraissement sur paille). La plupart des élevages en agriculture biologique combinaient plein air et bâtiment sur paille, selon les stades d'animaux, à l'exception d'un élevage uniquement en bâtiment sur paille.

1.3. Les thèmes abordés dans les enquêtes

Nous avons demandé aux éleveurs l'intérêt qu'ils trouvaient à communiquer ou interagir avec leurs animaux, pour eux et pour leurs animaux, comment ils communiquaient et s'ils utilisaient des techniques particulières. Une question fermée leur permettait de classer les cinq sens (odorat, vue, toucher, goût, ouïe) dans l'ordre du plus utilisé (note 1) au moins utilisé (note 5)

chez le porc. Enfin la capacité des porcs à les reconnaître et l'impact du comportement ou de l'attitude de l'éleveur sur le comportement des porcs ont été abordés.

1.4. Analyse des données

Nous avons réalisé une analyse thématique des discussions, c'est-à-dire que nous avons cherché à dégager les grandes tendances dans les réponses à chaque question et à identifier les facteurs d'explication. La plupart des résultats rapportés ici sont exprimés en nombre d'éleveurs ayant formulé une idée particulière.

2. RESULTATS ET DISCUSSION

2.1. Communiquer avec les animaux : pourquoi et comment ?

Les éleveurs n'ont généralement pas le sentiment d'avoir une relation avec leurs animaux, ou ils n'arrivent pas à la caractériser « *je pense que ça peut s'appivoiser, mais ça reste un cochon* ». Mais tous disent trouver un intérêt à communiquer avec leurs animaux. Cela rassure les animaux (sept éleveurs) et présente un intérêt pratique (manipulations facilitées, gain de temps) (cinq éleveurs). C'est aussi un plaisir pour trois éleveurs. Les éleveurs sont conscients de l'effet de leur comportement sur celui des animaux (11 éleveurs). Ceci rejoint les résultats d'études précédentes (Boivin *et al.*, 2012). Si certains précisent que les animaux subissent leur humeur et notamment leur énervement, à l'inverse, l'effet d'un état d'esprit positif ou d'un comportement positif n'est pas évoqué.

Tableau 2 – Proportions d'éleveurs (%) qui utilisent déjà certaines pratiques¹ ou seraient prêts, ou non, à les utiliser selon le système d'agriculture (bio = biologique, conv = conventionnelle)

	Se signaler		Parler		Parfum		Caresser		Passer plus		Musique	
	bio	conv	bio	conv	bio	conv	bio	conv	bio	conv	bio	conv
Le font déjà	33	17	25	60	0	0	75	67	0	20	0	17
Sont prêts à le faire ²	50	20	67	50	0	0	0	50	100	75	25	40

¹Se signaler = frapper à la porte pour signaler l'entrée dans une salle ; Parler= parler aux animaux ; Parfum = mettre du parfum ; Caresser= caresser les animaux ; Passer plus = passer plus souvent dans les salles ; Musique = diffuser de la musique/radio. ²Parmi ceux n'utilisant pas la pratique lors de l'enquête.

2.3. Quelles pratiques relationnelles adopter ?

Les éleveurs n'évoquent pas spontanément les pratiques relationnelles pour améliorer leurs conditions de travail. Si on leur fait des propositions, ils disent utiliser déjà certaines pratiques (Tableau 2), et ceci est plus vrai en système conventionnel. Parmi ceux qui n'utilisent pas encore les pratiques proposées, les éleveurs sont plutôt prêts à parler aux animaux et à passer plus de temps avec eux. Ils ne sont pas prêts à utiliser un parfum (« *ah non c'est mon odeur !* ») ou caresser les animaux (système biologique, « *une tape amicale plutôt* »).

2.2. Les capacités sensorielles des porcs

Les éleveurs ont éprouvé quelques difficultés à classer les capacités sensorielles des porcs, de la plus utilisée par l'animal (note 1) à la moins utilisée (note 5). Il y a une grande variabilité dans les réponses (Tableau 1). L'odorat serait le sens le plus utilisé selon les éleveurs en agriculture biologique, suivi par l'ouïe, ce qui rejoint les conclusions de Špinka (2009). Les éleveurs en agriculture conventionnelle indiquent d'abord l'ouïe, l'odorat se classant quatrième (Tableau 1).

Tableau 1 – Note médiane (min-max) pour le classement de l'utilisation des cinq sens par les porcs d'après les éleveurs enquêtés selon le mode d'agriculture

	Biologique	Conventionnelle
Goût	4 (1 – 5)	5 (1 – 5)
Odorat	1,5 (1 – 3)	4 (1 – 5)
Ouïe	2 (1 – 4)	2 (1 – 5)
Toucher	4 (2 – 5)	3 (1 – 4)
Vue	4 (1 – 4)	3 (1 – 4)

Le classement allait de 1 = le plus utilisé, à 5 = le moins utilisé

La plupart des éleveurs pensent que les porcs les reconnaissent (11 éleveurs), en accord avec les données de Brajon *et al.* (in press). Parmi eux, certains semblent cependant moins sûrs (huit éleveurs) (« *j'espère !* ») que d'autres (trois éleveurs) (« *ils reconnaissent le technicien qui fait les prises de sang* »). La plupart ne sait pas expliquer comment, certains évoquant que cela pourrait passer par la voix, l'odeur, ou la vue de la cote (respectivement quatre, deux et deux éleveurs).

Le fait de ne pas utiliser certaines pratiques est peut-être un choix réfléchi sur lequel ils ne veulent pas revenir.

CONCLUSION

Les éleveurs se sont montrés très intéressés par le sujet de l'enquête. Ils seraient prêts à modifier leurs pratiques ou en adopter de nouvelles si on leur démontrait l'utilité dans leur quotidien. Certains utilisent des pratiques relationnelles (parler...) dont il serait intéressant d'étudier l'impact sur les animaux, pour éventuellement les conseiller aux autres éleveurs. Les différences dues au système d'élevage restent à analyser, pour une vision plus précise des résultats.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Boivin X., Bensoussan S., L'hotellier N., Bignon L., Brives H., Brule A., Godet J., Grannec M.L., Hausberger M., Kling-Eveillard F., Tallet C., Courboulay V., 2012. Hommes et animaux d'élevage au travail : vers une approche pluridisciplinaire des pratiques relationnelles. *INRA Prod. Anim.*, 25, 159-168.
- Brajon, S., Laforest, J-P., Bergeron, R., Tallet, C., Devillers, N. The perception of humans by piglets: recognition of familiar humans and generalisation to unfamiliar humans. *Anim. Cog.*, in press. DOI 10.1007/s10071-015-0900-2.
- Kling-Eveillard F., Frappat B., Couzy C., Dockes A.C., 2012. Les enquêtes qualitatives en agriculture : de la conception à l'analyse des résultats. Ed. Institut de l'Élevage, 95p.
- Špinka M., 2009. Behaviour of pigs. In: The ethology of domestic animals 2nd edition- an introductory text, P. Jensen (Eds), 177-191. CAB International, UK.
- Tricard A., Depoucent C., Grannec M.L., 2015. Evaluation et gestion du temps de travail en élevage porcin. *Journ. Rech. Porcine*, 47, 215-220.

Samuel COLLIN (1,2), Sandy BENSOUSSAN (1,2), Valérie COURBOULAY (3), Florence KLING-EVEILLARD (4), Marie-Christine MEUNIER-SALAÛN (1,2), Céline TALLET (1,2)

(1) INRA, UMR1348, PEGASE, F-35590 Saint-Gilles, France

(2) Agrocampus Rennes, UMR1348, PEGASE, F-35000 Rennes, France

(3) IFIP-Institut du Porc, F-35651 Le Rheu Cedex, France

(4) Institut de l'Élevage, Service Approches Sociales et Travail en Élevage, 75595 Paris cedex 12, France

Celine.tallet@rennes.inra.fr

La relation Homme-animal influence le bien-être animal et le travail des éleveurs en élevage. Cette relation passe par le développement d'un système de communication commun (Porcher, 2001). Les éleveurs utilisent au quotidien des techniques pour améliorer leur relation avec leurs animaux, consciemment ou non. Pour appréhender cette question, nous avons enquêté auprès d'éleveurs de porcs dans le but de décrire la variabilité des pratiques de communication qu'ils utilisent avec leurs animaux



METHODOLOGIE

Enquête qualitative

Méthode : Entretien semi-directif

Thème abordé : La communication avec les animaux

- Intérêt pour la communication
- Moyens de communication
- Classement des cinq sens : odorat, vue, toucher, gout, ouïe
- Capacité des porcs à les reconnaître
- Impact du comportement et de l'attitude de l'éleveur sur le comportement des porcs



Notre échantillon

- 14 éleveurs :
- 8 éleveurs en production conventionnelle (110 – 200 truies)
- 6 éleveurs en production biologique (15 – 130 truies)
- Âge : 28-55 ans
- Naisseur-engraisseurs
- Dans le Grand-ouest.

PRINCIPAUX RESULTATS

Le porc :

- C'est un animal curieux, intelligent :
- Faire en sorte qu'il comprenne ce qu'on attend de lui
- Qui peut ressentir de la douleur, de la peur, du plaisir, être joyeux
- Qui s'adapte facilement
- Qui reconnaît l'éleveur (via la voix, l'odeur, la cote ?)

La communication :

Pas le sentiment d'avoir une relation avec les animaux, mais nécessité de communiquer

Communiquer avec les animaux : pourquoi ?

- Prévenir et rassurer les animaux
- Intérêt pratique : manipulation facilitée, gain de temps
- Plaisir pour l'éleveur
- Surtout avec les cochettes, les truies et le verrat

Communiquer avec les animaux : comment ?

- Ne pas être énervé : → risque de stress chez l'animal
- Une variété de pratiques suivant les éleveurs (tableau 1)

L'utilisation des 5 sens par les porcs d'après les éleveurs

	Biologique	Conventionnelle
Goût	4 (1 – 5)	5 (1 – 5)
Odorat	1,5 (1 – 3)	4 (1 – 5)
Ouïe	2 (1 – 4)	2 (1 – 5)
Toucher	4 (2 – 5)	3 (1 – 4)
Vue	4 (1 – 4)	3 (1 – 4)

Note médiane (mini - maxi); 1 = le plus utilisé, 5 = le moins utilisé

Tableau 1 : proportion d'éleveurs (%) qui utilisent déjà certaines pratiques ou seraient prêts, ou non, à les utiliser selon le système d'agriculture (bio = biologique, conv = conventionnel).

	Frapper à la porte pour signaler l'entrée dans une salle		Parler aux animaux		Mettre un parfum		Caresser les animaux		Passer plus souvent dans les salles		Diffuser de la musique/radio	
	bio	conv	bio	conv	bio	conv	bio	conv	bio	conv	bio	conv
Le font déjà	33	17	25	60	0	0	75	67	0	20	0	17
Sont prêts à le faire¹	50	20	67	50	0	0	0	50	100	75	25	40

¹Parmi ceux n'utilisant pas la pratique lors de l'enquête

CONCLUSIONS

Les éleveurs sont tous conscients que leur comportement [donc la communication] influence le comportement de leurs animaux « à l'image du patron », et essaient donc d'avoir le comportement le plus adéquat possible.

→ Mais ils répondent qu'il est difficile de changer ses habitudes (ex: parler aux animaux), ou qu'ils n'ont tout simplement pas les moyens de consacrer plus de temps à leurs animaux.

Ces éleveurs seraient peut-être prêts à mettre en place des pratiques nouvelles peu ou pas chronophages (lors de travail de routine) étant donné leur sensibilité pour le thème, mais il faudrait leur démontrer l'intérêt de la nouvelle pratique.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Porcher, J.B.J., 2001. L'élevage, un partage de sens entre hommes et animaux : intersubjectivité des relations entre éleveurs et animaux dans le travail », *Ruralia [En ligne]*, 09 | 2001

RÉSUMÉ

ABSTRACT

Sensibilité et utilisation de signaux vocaux et visuels dans la relation homme-animal : étude chez le porc domestique

La relation homme-animal se construit à partir des interactions entre chacun des partenaires qui se transmettent des informations via les signaux sensoriels. Mieux comprendre l'effet de ces interactions passe par la détermination de la sensibilité des animaux aux signaux émis par l'homme. Les interactions vocales entre l'homme et le porc domestique ont été peu étudiées, alors que ce canal est utilisé par l'homme dans les pratiques d'élevage. La thèse a donc cherché à déterminer (1) la sensibilité des porcelets aux variations du signal vocal, (2) les effets de son utilisation dans la mise en place de la relation homme-animal et (3) son utilisation dans la communication référentielle avec l'animal. Les réponses des porcs ont été évaluées (1) dans des tests de discrimination de stimuli vocaux, (2) lors de la mise en place de la relation et de tests de réponse à la présence humaine et (3) lors de tests de choix en présence de signaux humains.

Les porcelets se sont révélés sensibles à la voix féminine neutre, sans montrer d'attraction particulière pour cette voix. Néanmoins, une voix féminine aiguë et parlant lentement les a attirés physiquement. Associée à la présence répétée de l'homme, la voix féminine aiguë et lente est associée par l'animal à une valence positive. Les résultats suggèrent que la voix pourrait être impliquée dans la reconnaissance de l'homme par les animaux. Enfin, il est possible d'apprendre aux animaux à utiliser les propriétés référentielles de la voix, mais uniquement lorsqu'elle est combinée à des signaux visuels (pointage du doigt statique et dynamique). Des perspectives s'ouvrent sur l'utilisation de la voix dans le travail avec les animaux.

Mots-clefs : relation homme-animal, porc, signal vocal, signal visuel, communication référentielle

Sensitivity and use of vocal and visual signals in the human-animal relationship: a study in the domestic pig

The human-animal relationship is based on the exchange of information via sensorial signals between both partners. Identifying the sensitivity of animals to human signals would help understanding the effect of these interactions. Although auditory interactions are common in breeding practices, vocal interactions between humans and pigs were poorly studied.

This thesis studied (1) the sensitivity of piglets to vocal signal variations, (2) the effect of their use during the development of the human-animal relationship and (3) their use in the referential communication with piglets. The behaviours of piglets were evaluated (1) in vocal stimuli discrimination tests, (2) during the human-animal relationship development and in human tests and (3) in choice tests involving human referential signals.

Piglets were sensitive to a neutral feminine voice, without showing a specific attraction for it. Nevertheless, a high-pitched feminine voice, slowly speaking attracted them physically. Combined with a repeated human presence, the high-pitched-slow-feminine voice was associated to a positive valence by piglets. Piglets could use the voice to recognize humans, as suggested by our results. Eventually, animals can learn to use the referential property of the voice but only when it is combined to visual referential signals (dynamic and static pointing gestures). Our results offer promising opportunities for the use of human voice while working with animals.

Keywords: *human-animal relationship, pigs, vocal signal, visual signal, referential communication*



AGROCAMPUS OUEST • Institut supérieur des sciences agronomiques, agroalimentaires, horticoles et du paysage
65 rue de Saint-Brieuc – CS84215 – F-35042 Rennes Cedex
Tél. : 02 23 48 50 00
www.agrocampus-ouest.fr

