

# Cognition sociale et bien-être chez les bovins : étude des capacités de discrimination visuelle de l'espèce

COULON M. (1), DEPUTTE B.L. (1,2), HEYMAN Y. (3), DELATOUCHE L. (4), RICHARD C. (4), BAUDOIN C. (1)

(1) Université Paris 13, CNRS UMR 7153, Laboratoire d'Ethologie Expérimentale et Comparée, 99 avenue J.-B. Clément, F-93430 Villetaneuse, France

(2) ENVA, Dept Ethologie, F-94704 Maisons-Alfort, France

(3) INRA, Biologie du Développement et Reproduction, UMR INRA ENVA 1198, F-78352 Jouy-en-Josas, France

(4) UCEA-INRA, Bressonvilliers, F-91630 Leudeville, France

**RESUME** – Une meilleure connaissance des capacités cognitives sociales des animaux peut permettre une meilleure compréhension de leur état de bien-être. Chez les bovins, les techniques modernes d'élevage sont caractérisées par des changements successifs imposant à l'animal des adaptations répétées à l'environnement social. Dans ce contexte, une capacité cognitive clé est de discriminer des informations sociales, et en particulier de différencier des stimuli visuels à caractère social. Dans ce cadre, les bovins domestiques constituent un bon modèle car il existe de nombreuses races caractérisées par des phénotypes morphologiques variés. Le but de cette étude est d'étudier si des génisses (*Bos taurus*) sont capables de discriminer visuellement leur espèce malgré cette grande variabilité intra espèce. Pour cela nous avons étudié chez dix génisses Prim'Holstein, âgées de six mois, la discrimination visuelle simultanée entre des images de vaches et des images d'autres animaux domestiques. Le protocole était basé sur un conditionnement instrumental à renforcement positif de nature alimentaire. Dix stimuli visuels représentaient des photographies de têtes de vaches de différentes races et dix autres de têtes d'animaux d'autres espèces domestiques. Dans l'expérience 1, la récompense alimentaire était associée aux images de vaches à discriminer des images d'autres animaux domestiques. Dans l'expérience 2, les images des autres animaux domestiques étaient récompensées. Les résultats de cette étude ont montré que neuf génisses sur les dix testées ont atteint le critère de réussite en deux à treize sessions, quel que soit le stimulus récompensé. En conclusion, malgré la grande variété morphologique (formes, taches, contrastes) de leur espèce, les génisses sont capables de discriminer visuellement cette dernière d'autres espèces domestiques, à partir d'images en deux dimensions.

## Social cognition and welfare in cattle: capacities of visual species discrimination

COULON M. (1), DEPUTTE B.L. (1, 2), HEYMAN Y. (3), DELATOUCHE L. (4), RICHARD C. (4), BAUDOIN C. (1)

(1) Université Paris 13, CNRS UMR 7153, Laboratoire d'Ethologie Expérimentale et Comparée, 99 avenue J.-B. Clément, F-93430 Villetaneuse, France

**SUMMARY** – The welfare management of domestic animals would likely benefit from a deeper knowledge of their social cognitive capacities. The herds of cattle are characterised by successive changes in the composition of the group. Therefore, animals need recurrently to adapt to their new social environment. A key cognitive capacity to cope with a changing social environment is to efficiently process social information, and to differentiate visual social stimuli. Within this scientific framework, the domestic cow is a good model because this species presents a great phenotypic variety. This study investigated whether 10 Prim'Holstein heifers could discriminate images of heads of cows from images of same-size heads of other domestic animals. The experiments were based on a simultaneous discrimination paradigm. The responses were obtained through instrumental conditioning using food reward. In Experiment 1, the reward was associated with a cow face and, in the Reversal learning task (Experiment 2), with faces of other domestic species. Our results showed that, in both tasks, nine out of the 10 cows were able to reach the criterion in only a few sessions (2 to 13). Therefore, despite the cognitive challenge set by a great intra specific phenotypic variety, cows were able to visually discriminate their own species from other domestic species.

## INTRODUCTION

Une meilleure connaissance des capacités cognitives sociales des bovins peut favoriser la compréhension de leur état de bien-être. La façon dont un animal appréhende son environnement va influencer son équilibre psychophysiologique avec ce dernier. Les bovins sont des animaux sociaux qui construisent, au sein de leur groupe, des relations sociales où la composante de dominance - subordination et les relations d'affinité occupent une grande place. L'importance de cette composante conduit à l'établissement rapide d'une hiérarchie de dominance stable (Bouissou, 1972, Boissy *et al.*, 2001). Mais les techniques modernes d'élevage imposent aux animaux des changements répétés d'environnement, au sens large, et d'environnement social en particulier. Dans ce contexte, il est utile de comprendre comment les bovins perçoivent leur environnement social. Une capacité cognitive clé est en effet de discriminer les individus du groupe afin de différencier leurs relations de manière stable. De plus cette différenciation permet

de renforcer la cohésion du groupe en cas de perturbations externes. Quelques études expérimentales ont montré, chez d'autres espèces de mammifères, que les animaux sont capables de discriminer les membres de leur espèce et / ou leurs congénères de ceux d'autres espèces. Cette discrimination repose sur des modes variés de perception (modes visuel, olfactif, auditif, ...) et permettrait, dans certains cas, d'identifier un congénère grâce à une représentation qu'ils construiraient de celui-ci. Les capacités de discrimination des congénères, suivant différents modes, et selon leurs classes sociales (espèce, famille, âge, sexe,...) ont été décrites : chez les rongeurs sur le mode olfactif (Gheusi *et al.*, 1994), chez les chèvres et les brebis sur les modes olfactif, visuel et auditif (Poindron *et al.*, 2003). La discrimination visuelle de l'espèce, quant à elle, a été abordée chez les primates non humains (Pascalis et Bachevalier, 1998) mais aussi chez les animaux de rente comme les moutons (Kendrick, 1991, Kendrick *et al.*, 1995). Les moutons utiliseraient notamment des indices visuels de la face pour établir une reconnaissance des individus de

leur troupeau (Kendrick *et al.*, 1996). Chez les bovins, seules certaines capacités de discrimination ont été explorées à ce jour. Elles l'ont été dans un contexte appliqué et concernaient en particulier la capacité des bovins à discriminer des humains (Munksgaard *et al.*, 1999, Rybarczyk *et al.*, 2001) et la discrimination de formes géométriques (Entsu *et al.*, 1992, Rehkämper et Görlach, 1998). De plus, Hagen et Broom (2003) ont montré que les vaches étaient capables, dans un dispositif expérimental en « Y », de discriminer entre des individus familiers appartenant à leur troupeau. Cette discrimination repose sur l'utilisation de l'ensemble des modalités sensorielles par les individus, aussi bien visuelles qu'olfactives et auditives. Mais à notre connaissance aucune étude chez les bovins s'est intéressée aux capacités de discrimination de l'espèce sur le mode visuel. Les bovins domestiques constituent un bon modèle pour étudier les processus impliqués dans la reconnaissance visuelle car il existe de nombreuses races caractérisées par des phénotypes morphologiques variés. Notre étude concerne la capacité de bovins domestiques à discriminer visuellement leur espèce malgré cette grande diversité phénotypique. L'utilisation de stimuli visuels contrôlés (images en 2D) permet d'exclure toute autre source d'information.

## 1. MATERIEL ET METHODES

### 1.1. SUJETS ET CONDITIONS D'ELEVAGE

Les animaux étudiés sont dix génisses Prim'Holstein du domaine de Bressonvilliers (INRA, 91) nées en 2004 et âgées de six à onze mois au début de l'expérience. Pendant la durée des expériences, les animaux sont maintenus en stabulation libre. Celle-ci est constituée d'une aire paillée de repos (8 x 12 m) et d'une aire non paillée (3 x 12 m) équipée de seize cornadis donnant libre accès à la nourriture.

### 1.2. PROTOCOLE EXPERIMENTAL

Le protocole, fondé sur une discrimination visuelle simultanée, implique l'apprentissage d'une réponse motrice, par conditionnement opérant à renforcement positif de nature alimentaire (farine de triticales). Les animaux ont été testés le matin entre 8 h et midi, et n'ont pas accès à l'alimentation pendant la durée des tests afin de garantir leur motivation (Entsu *et al.*, 1992). Cinq sujets étaient testés par jour suivant un ordre aléatoire. Chaque génisse a été testée deux fois par semaine à un jour d'intervalle au minimum, pour éviter qu'elle ne se lasse au cours de l'expérience et pour diminuer la probabilité d'acquisition de routines. Tous les tests ont été filmés.

#### 1.2.1. Stimuli visuels

Les stimuli visuels étaient des affiches (38 x 50 cm) réalisées à partir de photographies de vaches de différentes races (quatre de Prim'Holstein, une d'Abondance, trois de Charolaise et une Normande) et de photographies d'autres animaux domestiques (cinq de moutons blanc et noir, trois chevaux de différentes robes, une chèvre et un chien). Tous les animaux représentés sur les affiches étaient inconnus des animaux testés afin d'éviter des comportements de peur ou d'agression envers certains stimuli (Ferreira *et al.*, 2004). Ces photos étaient présentées sur un fond homogène beige identique permettant un bon contraste des stimuli et limitant la discrimination aux seules représentations des individus. Les photographies étaient des têtes vues de face ou de profil.

Les images des têtes de vaches étaient sensiblement de taille réelle et celle des autres animaux ajustée à la taille des images des vaches afin que la discrimination ne soit pas basée sur la surface des images. Ces posters ont été réalisés grâce au logiciel *Adobe Photoshop Elements* ©.

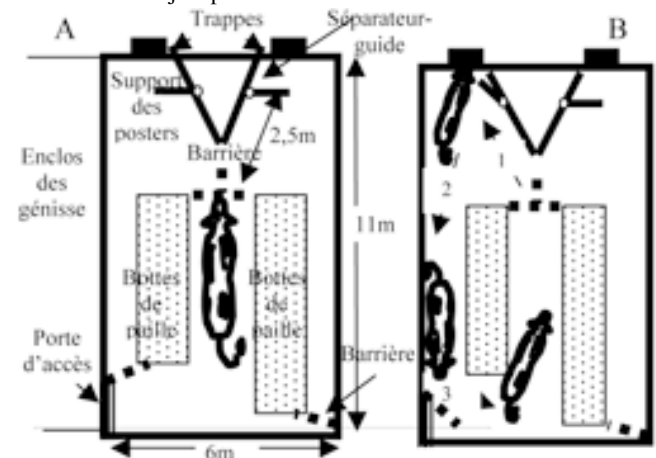
#### 1.2.2. Parc de test

Les animaux ont été testés individuellement dans un box de stabulation de 6 x 11 m : ils ne pouvaient voir leurs congénères mais restaient néanmoins en contact acoustique et olfactif avec eux afin de limiter les effets potentiellement négatifs de la séparation (figure 1).

Le parc de test comprenait un couloir de ballots de paille (6 m de long et 90 cm de large) permettant de guider l'animal jusqu'à une barrière de 60 cm de hauteur qui le stoppait face aux deux stimuli à discriminer. La génisse pouvait alors faire son choix après avoir comparé les deux images. Les affiches étaient aimantées à des supports mobiles sur un axe, situés à 2 m 50 de la barrière et à hauteur de tête des génisses (figure 1.A). La barrière était levée à distance par l'expérimentateur (M. C.), situé derrière l'animal. La génisse faisait alors son choix en se dirigeant vers l'un ou l'autre des stimuli. Le séparateur-guide permettait d'obtenir un choix non ambigu. Derrière chacun des stimuli se trouvait une trappe de même dimension qu'un cornadis (45 x 90 cm) donnant accès à un seau de nourriture (farine de triticales : avoine, blé, soja). Une fois que l'animal avait eu accès à la nourriture, l'expérimentateur l'éloignait de la trappe. L'animal regagnait librement le couloir central par l'un des deux couloirs latéraux selon son choix (figure 1.B). Pendant ce temps l'expérimentateur préparait les stimuli pour l'essai suivant.

Pendant tout le protocole, les animaux ont été testés pour un maximum de vingt essais consécutifs (deux sessions de dix essais ou quatre sessions de cinq essais) par jour. La durée totale de ces tests n'excédait pas quarante-cinq minutes (période maximale pendant laquelle les génisses conservent leur attention pour la tâche demandée, Rehkämper et Görlach, 1998).

**Figure 1** : Schéma du parc de test en vue aérienne. A : le sujet fait son choix entre les 2 posters stimuli placés sur les supports. B : circuit du sujet après le choix



#### 1.2.3. Procédure d'apprentissage

Le protocole s'est déroulé en plusieurs étapes après une phase d'habituation des génisses au dispositif.

##### Expérience 1

La récompense alimentaire était associée aux images de vache (stimulus renforcé S+). Pour éviter un biais olfactif,

la même quantité de récompense était placée derrière chaque trappe. Seule la trappe correspondant au « bon » stimulus pouvait s'ouvrir, donnant accès à la récompense.

- Entraînement :

Lors de cette phase, les génisses devaient discriminer entre une image de vache (S+) et une image de mouton (stimulus non renforcé S-). Le critère de réussite pour cette étape était fixé à la réussite de quatre essais sur cinq au cours de deux sessions successives (80 %, 8 / 10, loi binomiale,  $z = 1,58$ ,  $p = 0,114$ ).

Lors des premiers essais, le temps de flairage de chaque image (vache et mouton) a été relevé pour les différents sujets, lorsqu'ils se dirigeaient vers une de ces images.

- Test de généralisation :

Les génisses devaient discriminer entre une image de vache et celle d'un autre animal mais, dans cette étape, dix-huit stimuli nouveaux étaient utilisés, en plus des deux images utilisées lors de l'entraînement. Le couple de stimuli présenté était différent à chaque essai. Il était déterminé par tirage au sort. Cent couples de stimuli différents (deux cents combinaisons possibles car l'image de vache pouvait être positionnée soit à droite, soit à gauche) pouvaient être présentés. L'animal devait toujours se diriger vers le stimulus appartenant à la catégorie « vache » pour obtenir la récompense alimentaire. Les stimuli de chaque catégorie étaient placés aléatoirement à gauche ou à droite du dispositif. Les stimuli ne pouvaient être présentés plus de trois fois consécutives du même côté. Les sessions de stimuli étaient différentes pour chaque génisse. Le critère de réussite pour la phase de test a été fixé à la réussite d'au moins huit essais sur dix au cours de deux sessions successives de dix essais chacune (80 %, 16 / 20, loi binomiale,  $z = 2,46$ ,  $p = 0,014$ ).

## Expérience 2, inversion de l'expérience 1

Cette étape reprend le même protocole que pour l'expérience 1 (entraînement suivi du test de généralisation) et ce sont les stimuli représentant les autres animaux domestiques qui ont été récompensés. Les critères de réussite restent les mêmes.

## 1.3. TRAITEMENTS STATISTIQUES

Pour chaque génisse le nombre de sessions nécessaires pour atteindre le critère de réussite est noté. Ces variables ne suivant pas la loi normale, des tests non paramétriques ont été utilisés. Le test de Spearman a permis de rechercher les corrélations entre les variables obtenues par une même génisse au cours des différentes expériences. Afin d'observer les différences de performances pour l'ensemble des animaux dans les différentes expériences, des tests de Wilcoxon ont été réalisés. Lors de la phase d'entraînement, les temps de flairage des deux types d'images, pour chaque vache testée, ont été comparés grâce à un test de Wilcoxon. Un seuil de probabilité de 0,05 a été choisi. L'ensemble des tests statistiques a été réalisé grâce au logiciel Statistica®.

## 2. RESULTATS

### 2.1. EXPERIENCE 1

#### 2.1.1. Performances lors de l'entraînement

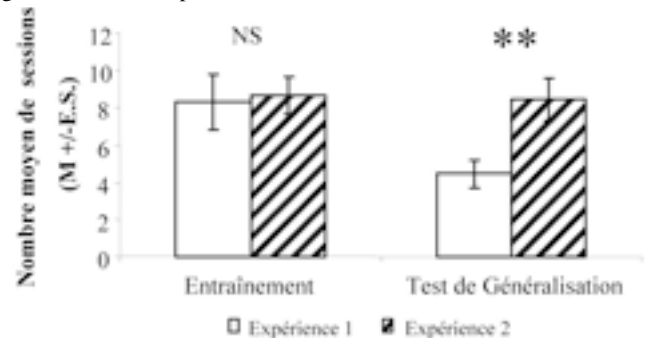
Quand l'image de vache était associée à la récompense alimentaire, l'entraînement a nécessité, selon les génisses, de deux à dix-sept sessions (soit de dix à quatre-vingt cinq essais) pour atteindre le critère de réussite ( $8,3 \pm 1,49$  sessions en moyenne  $\pm$  E.S., figure 2).

Quel que soit leur choix, les génisses flairent significativement plus longtemps l'image de vache que celle du mouton ( $Z = 2,07$ ,  $p < 0,05$ ,  $N = 10$ ). Le comportement de flairage des affiches s'éteint après un maximum de quatre essais pour l'ensemble des sujets.

#### 2.1.2. Performances lors des tests de généralisation

Tous les sujets testés ont réussi la phase d'entraînement à l'expérience. Toutefois lors de la phase de test, où cette fois-ci un grand nombre de stimuli différents étaient présentés, une seule génisse n'a pas atteint le critère de réussite et fut retirée de l'expérience. Les autres génisses nécessitent de deux à neuf sessions lors de la phase de test pour atteindre le critère. Neuf sujets sur dix ont donc réussi à généraliser la discrimination apprise lors de l'entraînement aux nouveaux stimuli présentés pendant la phase test en  $4,4 \pm 0,73$  sessions en moyenne (figure 2). Il n'a pas été mis en évidence de corrélation quant au nombre de sessions nécessaires, pour chaque génisse, entre la phase d'entraînement et la phase test ( $R = -0,36$ ,  $p = 0,33$ , NS,  $N = 9$ ). Il ne semble donc pas y avoir de sujets systématiquement plus performants que d'autres.

**Figure 2** : Nombre moyen de sessions nécessaires pour valider le critère de réussite pendant l'entraînement et le test de généralisation. \*\*  $p < 0,01$



## 2.2. EXPERIENCE 2 (INVERSION DE L'EXPERIENCE 1)

### 2.2.1. Performances lors de l'entraînement

Quand l'image du mouton était associée à la récompense alimentaire, l'entraînement a duré, selon les génisses, de quatre à treize sessions ( $8,6 \pm 0,98$  sessions en moyenne, figure 2).

### 2.2.2. Performances lors des tests de généralisation

Le nombre de sessions pour valider le critère de réussite varie de quatre à treize sessions (images des autres espèces récompensées). La totalité des neuf sujets a réussi à généraliser la discrimination apprise lors de l'entraînement en  $8,4 \pm 1,12$  session en moyenne (figure 2). Le nombre de sessions nécessaire pour les différentes génisses n'est pas corrélé entre la phase d'entraînement et la phase test ( $R = -0,21$ ,  $p = 0,58$ , NS,  $N = 9$ ).

Lors des tests de généralisation, les génisses ont significativement plus de difficulté à choisir correctement le stimulus récompensé quand celui-ci ne représente pas une vache ( $Z = 2,36$ ,  $p = 0,02$ ,  $N = 10$ , figure 2). Mais les nombres de sessions nécessaires dans les tests de généralisation, pour chaque sujet entre l'expérience 1 et l'expérience 2, ne sont pas corrélés.

## 3. DISCUSSION

Nos résultats mettent clairement en évidence la capacité des bovins à discriminer leur espèce en se basant uniquement

sur le mode visuel et en comparant des images bidimensionnelles. En effet seule une génisse sur les dix testées n'a pas atteint le critère de réussite lors du test de généralisation de l'expérience 1, au bout de quinze sessions. De plus nous pouvons noter la rapidité avec laquelle les sujets les plus performants atteignent le critère de réussite fixé. Le faible nombre de sessions requis pour atteindre ce critère contraste avec celui mentionné dans les autres études sur la discrimination visuelle des bovins. Par exemple, dans une tâche de discrimination visuelle entre un rond plein et un rond creux, les taureaux testés ont besoin d'une vingtaine de sessions pour atteindre un critère de réussite de 70 % (Rehkämper et Görlach, 1997). L'utilisation de génisses, qui présentent une motivation supérieure pour participer aux essais par rapport à des animaux plus âgés, peut expliquer cette différence. L'utilisation de stimuli naturels, par rapport à des formes géométriques, peut également avoir été un facteur favorable pour maintenir une motivation suffisante. Les stimuli naturels, par leur valeur adaptative pour l'animal, semblent être traités plus efficacement, alors que les objets géométriques semblent être visuellement plus faciles à discriminer entre eux. Cela avait déjà été remarqué dans une étude antérieure puisque des vaches adultes nécessitent seulement de trois à onze sessions pour discriminer des soigneurs (Rybarczyk *et al.*, 2001). Nos résultats montrent également que les génisses sont capables dans un premier temps d'associer les images de vaches à la récompense alimentaire puis les images des autres animaux et donc d'inverser l'apprentissage préalable. Cette capacité d'inversion confirme l'existence de performances cognitives remarquables chez ces bovins. Toutefois la tâche d'inversion nécessite significativement plus de sessions que la phase initiale de généralisation, indiquant une difficulté pour les sujets à inverser la consigne. Une autre difficulté d'inversion avait déjà été observée par Gilbert et Arave (1985) dans une tâche de discrimination entre deux symboles géométriques de différentes couleurs chez des génisses. Nos résultats montrent des pourcentages de réussite par session moins élevés pour l'inversion mais les pourcentages augmentent ensuite rapidement et tous les sujets réussissent l'épreuve. Par ailleurs, les performances des génisses varient selon les sujets testés mais aussi pour un même sujet, selon les moments. Arave et collaborateurs (1992) ont montré une influence des conditions d'élevage, du sexe et de l'origine génétique (l'influence du père) sur les capacités d'apprentissage des veaux. Nos observations indiquent qu'une génisse qui atteint rapidement le critère de réussite pour une épreuve peut présenter beaucoup plus de difficulté dans une autre épreuve. Nous pouvons interpréter ce résultat par une motivation différente des sujets qui, selon les étapes, peuvent participer plus ou moins à la tâche. Les différences de performances peuvent dépendre aussi du stress et de l'état physiologique ou psychologique des sujets (Vauclair et Kreutzer, 2004). Enfin, comme pour d'autres travaux expérimentaux utilisant des images 2D avec des animaux, nous ne savons pas si, pour les génisses, il y a équivalence ou correspondance entre les photographies d'animaux de leur espèce et des animaux réels. Toutefois le fait que ces génisses explorent les images de vaches plus que celles d'autres espèces peut constituer un indice d'une possible équivalence entre les animaux et leur photographie. Aucune étude, à notre connaissance, n'a pu

mettre en évidence une réelle équivalence entre un objet et sa photographie. Barbet (2003) a ainsi étudié la perception tridimensionnelle d'images bidimensionnelles chez le babouin et elle souligne qu'il faut être prudent quant à l'interprétation que l'on peut faire d'études utilisant des images chez les animaux. Tout en gardant à l'esprit cette recommandation, ce type d'approche utilisant des stimuli visuels en 2D permet de mieux comprendre les représentations des animaux, grâce à un bon contrôle des stimuli que l'animal doit traiter.

## CONCLUSION

Les résultats de notre étude montrent que les bovins sont capables de discrimination visuelle de leur espèce. Cette étude est, à notre connaissance, la première évaluation expérimentale des performances cognitives sociales, à partir de stimuli visuels, chez les bovins. Nos résultats ouvrent des perspectives intéressantes dans la compréhension des capacités de discrimination, voire de reconnaissance individuelle chez ces mammifères domestiques. Dans l'avenir des études complémentaires devraient nous permettre de mieux connaître leur perception de leur environnement social et le rôle d'une reconnaissance dans l'établissement des préférences sociales à l'intérieur des troupeaux et des groupes d'élevage. Une meilleure connaissance des capacités cognitives sociales des bovins constitue une contribution nécessaire pour parvenir à une meilleure compréhension de leur état de bien-être au sein des groupes d'élevage

*Nous remercions l'UCEA et l'ensemble du personnel de l'unité expérimentale de l'INRA de Bressonvilliers. Cette étude bénéficie d'une allocation de recherche de l'université Paris 13 pour la thèse de MC.*

- Arave C.W., Lamb R.C., Arambel M.J., Purcell D., Walters J.L., 1992.** *App. Ani. Beh. Sci.*, 33, 149-163
- Barbet I. 2003.** Traitement des informations représentées sur des images bidimensionnelles chez le babouin (*Papio papio*). Thèse de doctorat de Neurosciences, Université de Provence. France
- Boissy A., Nowak R., Orgeur P., Veissier I., 2001.** *INRA Pro. Ani.*, 14(2), 79-90
- Bouissou M.F., 1972.** *Ani. Beh.*, 20, 474-477
- Entsu S., Dohi H., Yamada A., 1992.** *App. Ani. Beh. Sci.*, 34, 1-10
- Ferreira G., Keller M., Saint-Dizier H., Perrin G., Lévy F., 2004.** *Beh. Pro.*, 67, 491-499
- Gheusi G., Bluthé R.M., Goodall G., Dantzer R., 1994.** *Beh. Pro.*, 33, 59-88
- Gilbert B.J., J.R., et Arave C.W., 1985.** *J. Dai. Sci.*, 69, 825-832
- Hagen K., Broom D.M., 2003.** *App. Ani. Beh. Sci.*, 82, 13-28
- Kendrick K.M., 1991.** *J. Ani. Sci.*, 69, 5008-5016
- Kendrick K.M., Atkins K., Hinton M.R., Broad K.D., Fabre-Nys C., Keverne B., 1995.** *Ani. Beh.*, 49, 1665-1676
- Kendrick K.M., Atkins K., Hinton M.R., Heavens P., Keverne B., 1996.** *Beh. Pro.*, 38, 19-35
- Munksgaard L., Passillé A.M.D., Rushen J., Ladewig J., 1999.** *App. Ani. Beh. Sci.*, 65, 1-11
- Pascalis O., Bachevalier J., 1998.** *Beh. Pro.*, 43, 87-96
- Poindron P., Gilling G., Hernandez H., Serafin N., Terrazas A., 2003.** *Dev Psy.*, 43, 82-89
- Rehkämper G., Görlach A., 1997.** *J. Dai. Sci.*, 80, 1613-21
- Rehkämper G., Görlach A., 1998.** *J. Dai. Sci.*, 81, 1574-80
- Rybarczyk P., Koba Y., Rushen J., Tanida H., Passillé A.M.D., 2001.** *App. Ani. Beh. Sci.*, 74, 175-189
- Vauclair J., Kreutzer M., 2004.** In OPHRYS (Editor), *L'éthologie cognitive*. Maison des sciences de l'homme, France