Les chèvres et les moutons peuvent raisonner par inférence

Publié le 15.03.24 | Par Myriam Amari

La domestication des chèvres et des moutons, il y a environ 10 000 ans, pourrait avoir diminué les capacités cognitives de ces animaux. Une étude récente, conduite dans un parc animalier où les deux espèces vivent ensemble, a permis de montrer que les moutons tout comme les chèvres étaient capables de résoudre une tâche de raisonnement par inférence, contrairement à ce qui avait été mis en évidence quelques années plus tôt.

Cet article contient des liens hypertextes qui pointent vers de courtes vidéos, réalisées par l'autrice, qui présentent les résultats de différentes études menées sur les capacités cognitives des chèvres et des moutons.

1. Les études cognitives chez les petits ruminants

Dans le domaine des sciences cognitives, les animaux d'élevage ont été beaucoup moins étudiés que les corvidés ou les primates par exemple. Pourtant, le processus de domestication a pu modifier les capacités cognitives des espèces domestiquées. En effet, la taille du cerveau des vaches, des chiens, des cochons ou encore des moutons est plus faible que celle de leurs ancêtres sauvages [1]. Cela pourrait être lié à la perte de capacités cognitives nécessaires à la survie dans le monde sauvage [2][3]. La comparaison de la taille des cerveaux d'espèces proches permet d'évaluer le niveau général des capacités cognitives de chacune [4][5], mais ces estimations doivent être complétées par des expériences pour étudier plus spécifiquement certaines capacités cognitives.

Les chèvres (*Capra hircus*) et les moutons (*Ovis aries*) sont deux espèces domestiquées il y a plus de 10 000 ans [6][7]. Elles diffèrent, entre autres, par leur écologie alimentaire. Les chèvres sont sélectives et privilégient un régime pauvre en fibres et des plantes de hauteurs variées, tandis que les moutons sont généralistes et se nourrissent principalement de végétation basse, riche en fibres. Cette différence écologique pourrait avoir mené à des différences cognitives selon l'hypothèse de l'intelligence écologique, qui stipule que les défis du milieu environnemental orienteraient l'évolution de la cognition [8]. Bien que l'organisation sociale des chèvres et des moutons soit similaire (vie en groupe, système de dominance hiérarchique), leur cohésion sociale pourrait être légèrement différente, les moutons étant plus grégaires que les chèvres. Cela pourrait générer des différences cognitives selon l'hypothèse de l'intelligence sociale, d'après laquelle les défis liés à la vie en groupe favoriseraient le développement de certaines capacités cognitives sociales, telles que l'apprentissage par observation des congénères [9][10].

Ces dernières années, l'attention portée aux capacités cognitives des chèvres et des moutons s'est accrue. Une récente revue présente leurs diverses capacités dans les domaines de la cognition physique et sociale [11]. Concernant le domaine de la cognition physique, les moutons sont par exemple capables de catégoriser des plantes en fonction de leur espèce et de généraliser l'aversion expérimentalement induite pour une plante à l'espèce ou à la famille de plantes concernées [12][13]. Les chèvres sont également capables de catégorisation et d'apprentissage. Les chèvres naines peuvent former des catégories basées sur des similitudes dans l'apparence visuelle de symboles, et généraliser ces catégories à de nouveaux symboles [14]. En effet, une étude a montré qu'elles pouvaient discriminer des symboles variés et acquérir des règles d'apprentissage leur permettant d'améliorer leurs performances lors de tâches de discrimination visuelle [15]. Les chèvres sont finalement capables

de trouver l'intrus parmi divers symboles [16] et de deviner le mouvement d'objets cachés [17].

Chèvres et moutons sont des animaux sociaux avec une hiérarchie stable, pour qui la reconnaissance des membres du troupeau est importante. Concernant leurs capacités dans le domaine de la cognition sociale, les moutons sont capables de distinguer différentes espèces, races, et sexes. La familiarité des individus et la race influencent néanmoins ces capacités de discrimination [18][19]. Les moutons sont aussi capables de se rappeler d'un conspécifique plus de deux ans après l'avoir vu pour la dernière fois [20], et de se représenter des individus à partir d'image 2D [21]. Les chèvres, quant à elles, sont capables d'utiliser des signaux acoustiques et une représentation visuelle pour reconnaître des individus familiers [22][23]. Elles sont même capables de déceler le niveau d'attention d'un expérimentateur et d'ajuster leur comportement en fonction de celui-ci. Pour cela, elles se basent sur la position du corps ou de la tête [24](vidéo)[25a](vidéo) et peuvent même suivre la gestuelle des êtres humains lorsqu'ils pointent en direction d'une récompense. Elles ne suivent pas la direction indiquée par le regard ou la tête de l'humain [26][25b], mais en sont capables lorsqu'il s'agit de leurs congénères. Tout comme les chiens et les chevaux, elles peuvent également utiliser leur regard pour demander de l'aide et atteindre une récompense hors de portée [27]. Les chèvres peuvent aussi apprendre des humains pour contourner un obstacle [28] mais privilégient l'information individuelle par rapport à celle transmise par des congénères pour trouver de la nourriture dans un labyrinthe en T [29] ou apprendre à ouvrir une boîte [30]. Néanmoins, lors de cette dernière étude, les chèvres apprenaient à ouvrir une boîte en deux étapes par intervention humaine. Les chèvres qui avaient un démonstrateur caprin supplémentaire n'ont pas appris plus vite. Ces tests n'ont jamais été conduits sur les moutons, mais une étude a montré que des agneaux sont capables d'apprentissage social pour utiliser un biberon artificiel [31]. Enfin, chèvres et moutons sont capables de distinguer des émotions à partir de vocalisations ou d'expressions faciales d'humains [32] ou de congénères [33].

2. Les chèvres et les moutons sont-ils capables de raisonner par inférence ?

Lorsque l'on cherche à comparer les capacités cognitives d'espèces variées, l'une des questions fondamentales est de savoir si une performance cognitive est due à des mécanismes d'apprentissage, ou à des mécanismes plus complexes telles que les solutions intuitives [34a] qui émergent d'une réorganisation mentale des problèmes sans passer par des méthodes d'essai-erreur [35]. Pour cela, il est possible d'utiliser des tests de raisonnement par inférence, qui reposent sur l'association entre un événement visible et un événement invisible [34b] comme dans le cas du raisonnement par exclusion (par exemple le fait de déduire la bonne réponse à un QCM uniquement parce que l'on est certain que les autres réponses sont fausses). Il faut que les sujets testés réussissent dès les premières tentatives, afin d'être certain que la réussite n'est pas due à des mécanismes d'apprentissage associatif [36][37].

2.1. Une première étude en 2014

En 2014, Nawroth et ses collaborateurs ont montré que les chèvres, à la différence des moutons, étaient capables de résoudre des tâches d'inférence visuelle (expériences n°1 et n°2) [38a]. Préalablement à ces expériences, les chèvres et moutons testés avaient été entraînés à choisir une coupe, c'est-à-dire à pointer du bout du museau une coupe parmi deux pour obtenir la récompense qui y avait été cachée sous le regard attentif de l'animal testé (un morceau de banane ou de pomme).

Une fois les animaux ayant appris à choisir une coupe, le protocole permettant de tester le raisonnement par inférence a pu être mis en place. Les animaux devaient alors pointer la position de la récompense cachée en dehors de leur vue sous l'une des deux coupes retournées (Figure 1). Avant le choix de l'animal, l'expérimentateur soulevait soit :

- les deux coupes (information complète) ;
- la coupe avec la récompense (information directe) ;
- la coupe ne contenant pas la récompense (information indirecte) ;
- aucune des deux (aucune information, correspondant à la situation témoin).

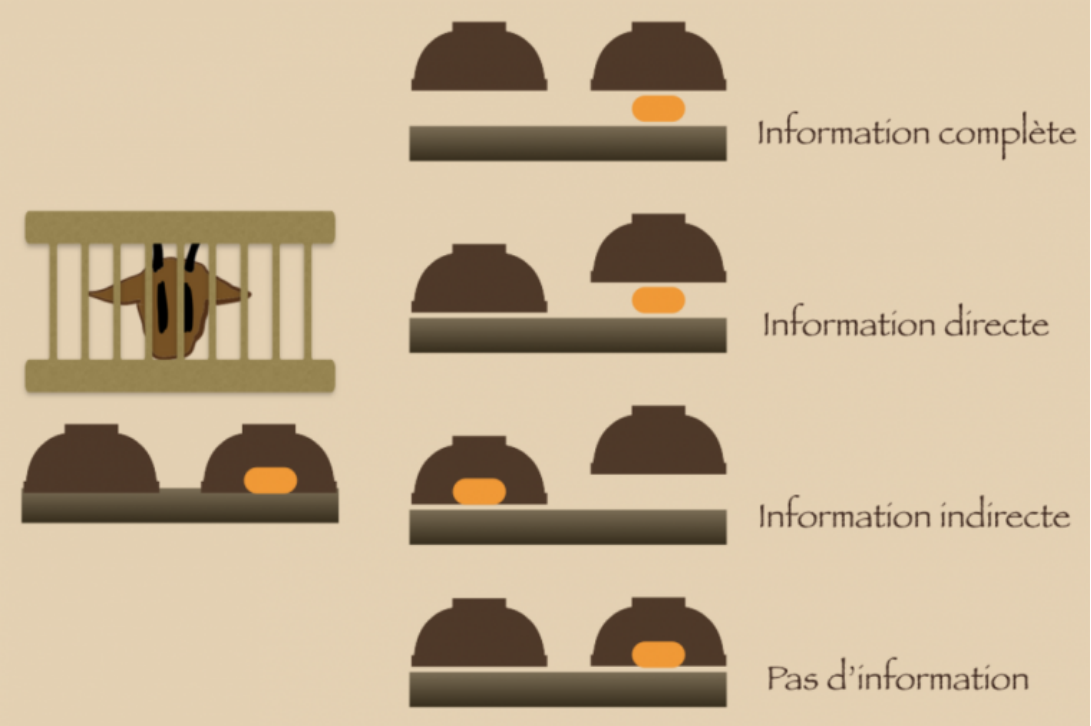


Figure 1 - Test de raisonnement par inférence avec des coupes
Dans cette tâche d'inférence, chèvres et moutons doivent trouver une récompense sous une coupe dans différentes conditions. Information complète : les deux coupes sont soulevées. Information directe : seule la coupe contenant la récompense est soulevée. Information indirecte : seule la coupe vide est soulevée. Pas d'information : aucune des coupes n'est soulevée.

Auteur(s)/Autrice(s) : Myriam Amari – Licence : CC-BY-NC-ND

Dans cette première expérience, chèvres et moutons ont choisi de façon aléatoire dans la situation témoin. Ils sont parvenus à résoudre la tâche dans les conditions d'informations complète et directe. En revanche, ils n'ont pas réussi dans la condition d'information indirecte, c'est-à-dire qu'ils n'ont pas excédé le niveau de réussite prévu pour un choix fait simplement au hasard. De plus, aucun effet d'apprentissage n'a été trouvé en comparant les premiers essais des animaux avec leurs derniers, à l'exception des performances des chèvres dans la condition d'information complète.

Afin d'être sûrs que les animaux n'aient pas été biaisés dans leur choix, notamment qu'ils n'aient pas choisi la coupe que l'expérimentateur avait soulevée, les auteurs ont mené une seconde expérience (expérience n°2, voir figure 2). Cette fois-ci, deux coupes externes étaient systématiquement soulevées, tandis que :

- les deux coupes internes étaient transparentes (information complète) ;
- seule la coupe contenant la récompense était transparente (information directe) ;
- seule la coupe contenant la récompense était opaque (information indirecte) ;
- les deux coupes étaient opaques (aucune information).

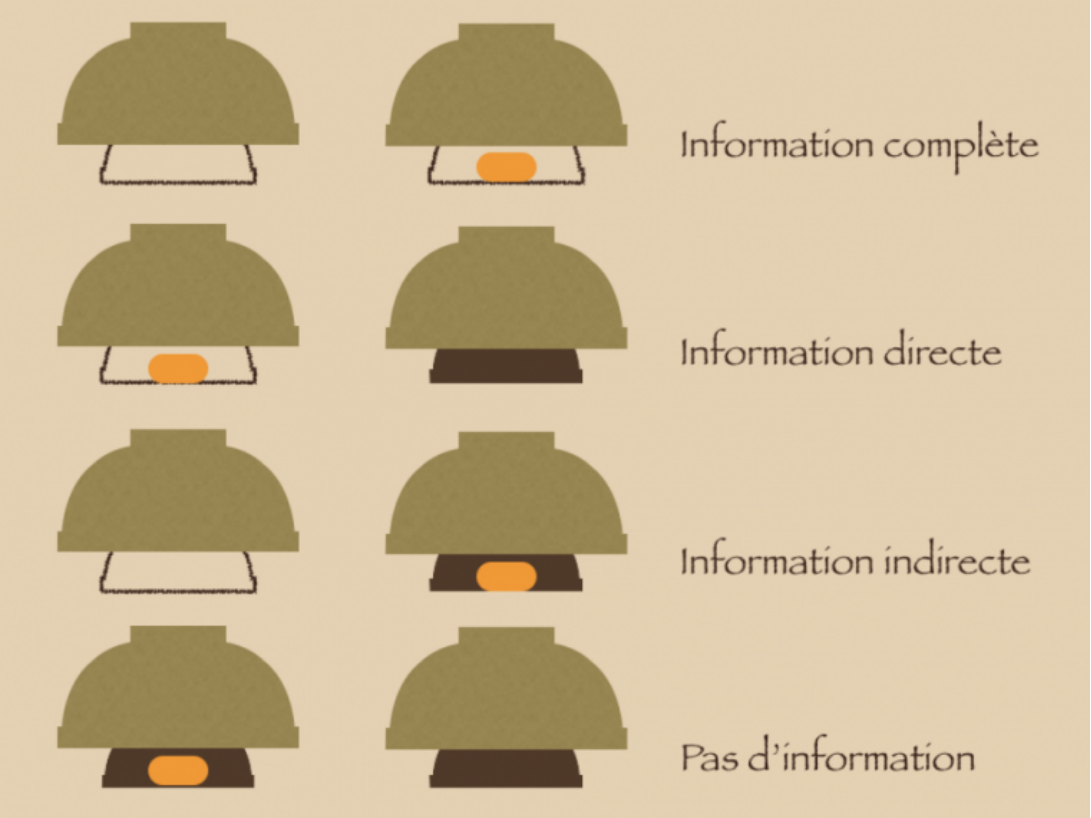


Figure 2 - Test de raisonnement par inférence avec des coupes opaques et des coupes transparentes
Dans ce protocole modifié, deux coupes externes sont soulevées systématiquement. Les deux coupes internes sont transparentes ou opaques. Information complète : les deux coupes sont transparentes. Information directe : seule la coupe contenant la récompense est transparente Information indirecte : seule la coupe vide est transparente. Pas d'information : aucune des coupes n'est transparente.

Auteur(s)/Autrice(s) : Myriam Amari – Licence : CC-BY-NC-ND

Dans cette deuxième expérience, il a encore une fois été vérifié qu'aucun effet d'apprentissage n'entrait en jeu dans les performances des deux espèces. Les moutons ont choisi significativement plus souvent la coupe récompensée dans les conditions d'informations complète et directe que dans les autres conditions. En revanche, aucun mouton n'a excédé le niveau prédit par chance lorsque seule la coupe vide était transparente, ou que les deux coupes étaient opaques. Leurs résultats sont donc identiques à la première expérience.

Comme les moutons, les chèvres ont choisi significativement plus la coupe contenant la récompense dans les conditions d'informations complète et directe. Mais contrairement à la première expérience, deux chèvres sur les onze testées ont réussi le test dans la condition « information indirecte ». Il est donc possible que ces deux chèvres aient raisonné par inférence en voyant la coupe vide (« si cette coupe est vide, alors la récompense doit se trouver dans l'autre coupe »). Toutefois, le protocole employé ne permet pas d'exclure des mécanismes plus simples, comme le fait que les chèvres aient adopté une stratégie consistant à éviter les coupes vides au cours des différents tests et n'aient pas réellement déduit la position de la récompense.

2.2. Une seconde étude en 2022

En 2022, Duffrene et ses collaborateurs ont d'une part repris la deuxième expérience de Nawroth (expérience n°2) et d'autre part introduit un nouveau test basé sur l'utilisation de tubes coudés (expérience n°3) [39a].

Dans l'expérience avec les coupes, les sujets ont mieux réussi dans les conditions d'informations complète (96 % en moyenne), directe (97 %) et indirecte (89 %) que dans la condition témoin où il n'y avait aucune information. Ces résultats sont meilleurs que ceux obtenus par Nawroth et ses collaborateurs. À l'exception d'une chèvre et d'un mouton, tous les individus avaient au moins 75 % de réussite.

De plus, les auteurs ont imaginé une seconde expérience dans laquelle ils ont introduit des tubes coudés grâce auxquels un morceau de carotte pouvait être caché (dans le coude) mais bien présent (expérience n°3, Figure 3). Ainsi, une stratégie consistant à éviter les tubes vides ne pouvait pas fonctionner.

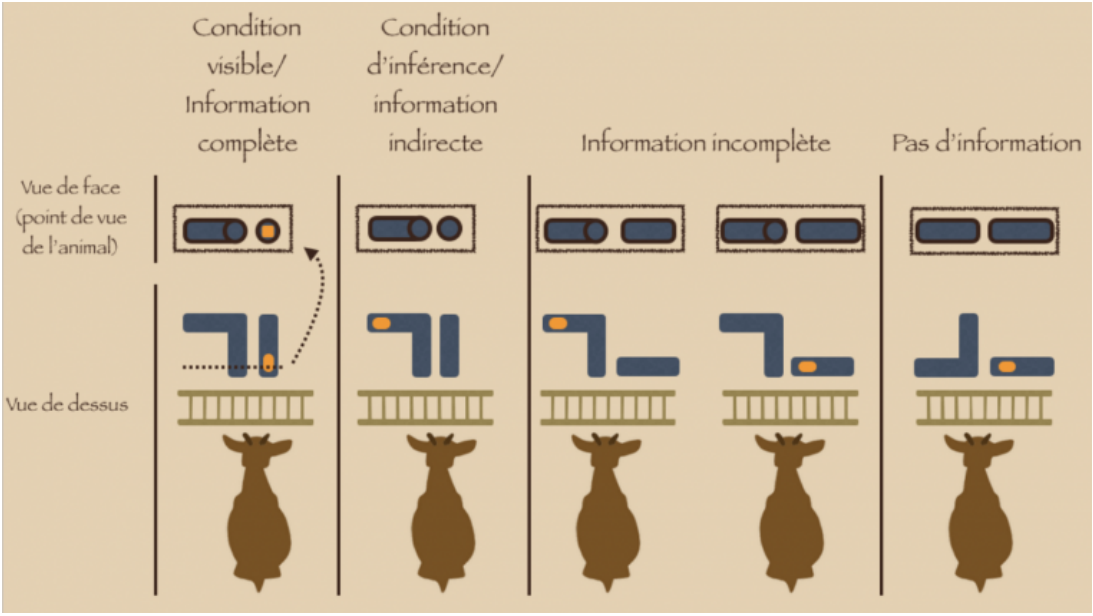


Figure 3 - Test de raisonnement par inférence avec des tubes droits et des tubes coudés
Dans ce nouveau protocole, des tubes coudés permettent d'introduire une nouvelle situation dans laquelle la récompense est invisible mais bien présente. Information complète : les deux tubes font face à l'individu, la récompense étant bien visible. Information indirecte : seules les sections droites font face à l'individu, la récompense étant cachée dans le coude. Information incomplète : le tube droit est perpendiculaire à l'individu, seule une partie du tube coudé vide est visible. Pas d'information : l'intérieur des deux tubes est invisible.

Auteur(s)/Autrice(s) : Myriam Amari – Licence : CC-BY-NC-ND

Le tube coudé a été choisi significativement plus souvent dans la condition d'inférence, et un test statistique a permis d'écarter toute préférence individuelle pour les tubes coudés. Six moutons et six chèvres ont obtenu plus de 83 % de réussite (critère de réussite statistique). Néanmoins trois moutons et une chèvre ont dû être écartés, car ils ne choisissaient pas aléatoirement dans la situation témoin. Au total, ce sont donc trois moutons et cinq chèvres qui ont atteint le critère de réussite dans l'expérience n°3.

Les auteurs ont de plus observé que les performances ne variaient pas entre les premiers et les derniers essais des individus sur une expérience donnée, ce qui indique que la réussite au test d'inférence ne peut pas provenir d'un apprentissage. Cependant, au cours de cette étude, un premier groupe était d'abord testé sur l'expérience n°2, puis sur l'expérience n°3, tandis qu'un second groupe était testé dans l'ordre inverse. Les auteurs ont alors observé que les individus d'abord testés avec l'expérience des coupes présentaient de meilleurs résultats dans l'expérience des tubes pour la condition d'information indirecte. Afin de se concentrer uniquement sur la réussite de la tâche de raisonnement par inférence, sans quelle-ci ne soit affectée par un effet d'apprentissage, les auteurs n'ont donc considéré que les résultats du groupe testé d'abord avec les tubes coudés (expérience n°3). Dans ce groupe, un mouton et une chèvre ont alors réussi à plus de 83 % la tâche d'inférence.

3. Conclusion

Les performances des animaux testés dans l'étude de Duffrene et coll. [39b] sont globalement meilleures que celles de l'étude de Nawroth et coll. [38b]. Ces performances supérieures pourraient s'expliquer par le fait que les animaux testés dans l'étude de 2022 vivent tous ensemble dans les mêmes conditions dans un parc pédagogique municipal (parc Friedel d'Illkirch-Graffenstaden), et sont donc habitués à la présence et au contact humain. Moutons et chèvres y disposent d'un environnement très enrichi (fourrage à volonté, fruits et légumes distribués dans la journée, présence d'autres espèces comme des ânes, des alpagas, des vaches, des cochons, des poneys et de la volaille) et évoluent en liberté dans le parc sans être enfermés à l'exception de trois heures matinales durant la maintenance.

L'étude de Duffrene et coll. montre donc que les chèvres et les moutons sont capables de raisonner par inférence avec un taux élevé de réussite. Les performances lors de la tâche des tubes ne peuvent pas être expliquées par des stratégies telles qu'éviter un tube vide, préférer un tube coudé, ou encore choisir le tube coudé s'il est à côté d'un tube droit vide. Ces stratégies auraient nécessité un apprentissage au cours des sessions, ce qui a été écarté par des tests statistiques. Ainsi, les auteurs ont démontré que les moutons comme les chèvres sont capables de résoudre une tâche d'inférence visuelle.

CRÉDITS

AUTEUR(S)/AUTRICE(S)

Myriam Amari

Élève normalienne au département de biologie de l'École normale supérieure, elle est titulaire d'un diplôme de master de neurosciences.

RELECTURE SCIENTIFIQUE

Laurie Castro

Doctorante en éthologie, ses recherches portent principalement sur la cognition des chèvres et des moutons. Elle s'intéresse particulièrement à l'évolution des capacités cognitives, ainsi qu'aux interactions entre les émotions et la cognition.

MISE EN LIGNE

Pascal Combemorel

Agrégé de SVT, il est le responsable éditorial du site Planet-Vie depuis septembre 2016.

LICENCE DU TEXTE DE L'ARTICLE

Creative Commons - Attribution - Pas d'utilisation commerciale - Pas de modifications

BIBLIOGRAPHIE

1 Balcarcel, A. M., Veitschegger, K. ., Clauss, M. ., & Sánchez-Villagra, M. R. (2021). Intensive human contact correlates with smaller brains: differential brain size reduction in cattle types. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences, 288*, 20210813. http://doi.org/10.1098/rspb.2021.0813 (Original work published 2026)

2 Ebinger, P. . (1975). A cytoarchitectonic volumetric comparison of the area gigantopyramidalis in wild and domestic sheep. *Anatomy and Embryology, 147*, 167–175. http://doi.org/10.1007/BF00306731 (Original work published 2026)

3 Price, E. O. (2002). *Animal Domestication and Behavior*. CABI Pub. (Original work published 2026)

4 Lefebvre, L. . (2013). Brains, innovations, tools and cultural transmission in birds, non-human primates, and fossil hominins. *Frontiers in Human Neuroscience, 7*. http://doi.org/10.3389/fnhum.2013.00245

5 Shultz, S. ., & Dunbar, R. . (2006). Both social and ecological factors predict ungulate brain size. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences, 273*, 207–215. http://doi.org/10.1098/rspb.2005.3283 (Original work published 2026)

6 Alberto, F. J., Boyer, F. ., Orozco-terWengel, P. ., Streeter, I. ., Servin, B. ., De Villemereuil, P. ., … Pompanon, F. . (2018). Convergent genomic signatures of domestication in sheep and goats. *Nature Communications, 9*, 813. http://doi.org/10.1038/s41467-018-03206-y (Original work published 2026)

7 Larson, G. ., & Fuller, D. Q. (2014). The Evolution of Animal Domestication. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics, 45*, 115–136. http://doi.org/10.1146/annurev-ecolsys-110512-135813

8 Milton, K. . (1988). Foraging behaviour and the evolution of primate intelligence. New York, NY, US: Clarendon Press/Oxford University Press.

9 Byrne, R. W., & Whiten, A. . (éd.). (1988). *Machiavellian Intelligence: Social Expertise and the Evolution of Intellect in Monkeys, Apes, and Humans*. Oxford University Press.

10 Dunbar, R. I. M. (1998). The social brain hypothesis. *Evolutionary Anthropology: Issues, News, and Reviews, 6*, 178–190. http://doi.org/10.1002/(SICI)1520-6505(1998)6:5<178::AID-EVAN5>3.0.CO;2-8

11 Nawroth, C. ., Langbein, J. ., Coulon, M. ., Gabor, V. ., Oesterwind, S. ., Benz-Schwarzburg, J. ., & von Borell, E. . (2019). Farm Animal Cognition—Linking Behavior, Welfare and Ethics. *Frontiers in Veterinary Science, 6*. Consulté à l'adresse https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fvets.2019.00024

12 Ginane, C. ., & Dumont, B. . (2010). Do grazing sheep use species-based categorization to select their diet?. *Behavioural Processes, 84*, 622–624. http://doi.org/10.1016/j.beproc.2010.01.022 (Original work published 2026)

13 Ginane, C. ., & Dumont, B. . (2011). Do sheep (Ovis aries) categorize plant species according to botanical family?. *Animal Cognition, 14*, 369–376. http://doi.org/10.1007/s10071-010-0371-4 (Original work published 2026)

14 Meyer, S. ., Nürnberg, G. ., Puppe, B. ., & Langbein, J. . (2012). The cognitive capabilities of farm animals: categorisation learning in dwarf goats (Capra hircus). *Animal Cognition, 15*, 567–576. http://doi.org/10.1007/s10071-012-0485-y (Original work published 2026)

15 Langbein, J. ., Siebert, K. ., Nürnberg, G. ., & Manteuffel, G. . (2007). Learning to learn during visual discrimination in group housed dwarf goats (Capra hircus). *Journal of Comparative Psychology, 121*, 447–456. http://doi.org/10.1037/0735-7036.121.4.447

16 Roitberg, E. ., & Franz, H. . (2004). Oddity learning by African dwarf goats (Capra hircus). *Animal Cognition, 7*, 61–67. http://doi.org/10.1007/s10071-003-0190-y (Original work published 2026)

17 Nawroth, C. ., von Borell, E. ., & Langbein, J. . (2015). Object permanence in the dwarf goat (Capra aegagrus hircus): Perseveration errors and the tracking of complex movements of hidden objects. *Applied Animal Behaviour Science, 167*, 20–26. http://doi.org/10.1016/j.applanim.2015.03.010

18 Kendrick, K. M., Atkins, K. ., Hinton, M. R., Broad, K. D., Fabre-Nys, C. ., & Keverne, B. . (1995). Facial and vocal discrimination in sheep. *Animal Behaviour, 49*, 1665–1676. http://doi.org/10.1016/0003-3472(95)90088-8 (Original work published 2026)

19 Tate, A. J., Fischer, H. ., Leigh, A. E., & Kendrick, K. M. (2006). Behavioural and Neurophysiological Evidence for Face Identity and Face Emotion Processing in Animals. *Philosophical Transactions: Biological Sciences, 361*, 2155–2172.

20 Kendrick, K. M., da Costa, A. P., Leigh, A. E., Hinton, M. R., & Peirce, J. W. (2001). Sheep don't forget a face. *Nature, 414*, 165–166. http://doi.org/10.1038/35102669 (Original work published 2026)

21 Knolle, F. ., Goncalves, R. P., & Morton, J. . (2017). Sheep recognize familiar and unfamiliar human faces from two-dimensional images. *Royal Society Open Science, 4*, 171228. http://doi.org/10.1098/rsos.171228 (Original work published 2026)

22 Briefer, E. F., Oxley, J. A., & McElligott, A. G. (2015). Autonomic nervous system reactivity in a free-ranging mammal: Effects of dominance rank and personality. *Animal Behaviour, 110*, 121–132. http://doi.org/10.1016/j.anbehav.2015.09.022

23 Briefer, E. F., Tettamanti, F. ., & McElligott, A. G. (2015). Emotions in goats: mapping physiological, behavioural and vocal profiles. *Animal Behaviour*, *99*, 131–143. http://doi.org/10.1016/j.anbehav.2014.11.002 (Original work published 2026)

24 Nawroth, C. ., von Borell, E. ., & Langbein, J. . (2015). 'Goats that stare at men': dwarf goats alter their behaviour in response to human head orientation, but do not spontaneously use head direction as a cue in a food-related context. *Animal Cognition*, *18*, 65–73. http://doi.org/10.1007/s10071-014-0777-5 (Original work published 2026)

25 a b Nawroth, C. ., & McElligott, A. G. (2017). Human head orientation and eye visibility as indicators of attention for goats (Capra hircus). *PeerJ*, *5*, e3073. http://doi.org/10.7717/peerj.3073

26 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. http://doi.org/10.1016/j.anbehav.2004.05.008 (Original work published 2026)

27 Nawroth, C. ., Brett, J. M., & McElligott, A. G. (2016). Goats display audience-dependent human-directed gazing behaviour in a problem-solving task. *Biology Letters*, *12*, 20160283. http://doi.org/10.1098/rsbl.2016.0283 (Original work published 2026)

28 Nawroth, C. ., Baciadonna, L. ., & McElligott, A. G. (2016). Goats learn socially from humans in a spatial problem-solving task. *Animal Behaviour*, *121*, 123–129. http://doi.org/10.1016/j.anbehav.2016.09.004 (Original work published 2026)

29 Baciadonna, L. ., McElligott, A. G., & Briefer, E. F. (2013). Goats favour personal over social information in an experimental foraging task. *PeerJ*, *1*, e172. http://doi.org/10.7717/peerj.172 (Original work published 2026)

30 Briefer, E. F., Haque, S. ., Baciadonna, L. ., & McElligott, A. G. (2014). Goats excel at learning and remembering a highly novel cognitive task. *Frontiers in Zoology*, *11*, 20. http://doi.org/10.1186/1742-9994-11-20 (Original work published 2026)

31 Veissier, I. ., & Stefanova, I. . (1993). Learning to suckle from an artificial teat within groups of lambs: Influence of a knowledgeable partner. *Behavioural Processes*, *30*, 75–82. http://doi.org/10.1016/0376-6357(93)90013-H (Original work published 2026)

32 Baciadonna, L. ., Briefer, E. F., Favaro, L. ., & McElligott, A. G. (2019). Goats distinguish between positive and negative emotion-linked vocalisations. *Frontiers in Zoology*, *16*, 25. http://doi.org/10.1186/s12983-019-0323-z (Original work published 2026)

33 Bellegarde, L. ., Erhard, H. ., Weiss, A. ., Boissy, A. ., & Haskell, M. J. (2017). Valence of facial cues influences sheep learning in a visual discrimination task. *Frontiers in Veterinary Science*, *4*, 1–10. http://doi.org/10.3389/fvets.2017.00188 (Original work published 2026)

34 a b Premack, D. . (1996). Cause/induced motion: intention/spontaneous motion. (J.-P. . Changeux & J. . Chavaillon, éd.). Oxford University Press. http://doi.org/10.1093/acprof:oso/9780198523901.003.0018 (Original work published 2026)

35 Kohler, W. . (1925). *The mentality of apes*. Oxford, England: Harcourt, Brace.

36 Heyes, C. M. (1993). Anecdotes, training, trapping and triangulating: do animals attribute mental states?. *Animal Behaviour*, *46*, 177–188. http://doi.org/10.1006/anbe.1993.1173 (Original work published 2026)

37 Penn, D. C., & Povinelli, D. J. (2007). Causal Cognition in Human and Nonhuman Animals: A Comparative, Critical Review. *Annual Review of Psychology*, *58*, 97–118. http://doi.org/10.1146/annurev.psych.58.110405.085555

38 a b Nawroth, C. ., von Borell, E. ., & Langbein, J. . (2014). Exclusion Performance in Dwarf Goats (Capra aegagrus hircus) and Sheep (Ovis orientalis aries). *PLOS ONE*, *9*, e93534. http://doi.org/10.1371/journal.pone.0093534 (Original work published 2026)

39 a b Duffrene, J. ., Petit, O. ., Thierry, B. ., Nowak, R. ., & Dufour, V. . (2022). Both sheep and goats can solve inferential by exclusion tasks. *Animal Cognition*, *25*, 1631–1644. http://doi.org/10.1007/s10071-022-01656-y (Original work published 2026)