

# La conscience chez les invertébrés

LUDOVIC DICKEL

*UMR 6552 Éthos (Ethologie Animale et Humaine - équipe Neuro Éthologie Cognitive des Céphalopodes, CNRS, Université de Caen-Normandie, Université de Rennes I)*

Au sens très large, la conscience est intime et réflexive, elle a une dimension subjective, un contenu perceptif (sensoriel) et non perceptif (la pensée). La conscience chez les animaux non-humains suscite un intérêt spectaculaire. Il y a eu autant de communications scientifiques sur le sujet cette dernière décennie (plus de 10.000 articles entre 2010 et 2022, *mots clefs « animal » et « consciousness », source bases de donnée BibCNRS*) qu'entre 1900 et 2010 (environ 8 500 articles). Cependant les spécialistes de la conscience, scientifiques et philosophes entendent le plus souvent par « animal non-humain » les vertébrés, la très grande majorité de la littérature sur le sujet ne s'intéressant en fait qu'aux mammifères. On peut rappeler ici qu'à l'échelle de l'évolution des espèces, les vertébrés sont un petit îlot perdu au milieu d'un océan d'espèces d'animaux invertébrés : on a répertorié environ 45 000 espèces de vertébrés (dont 5 000 espèces de mammifères) contre un million d'espèces d'invertébrés. L'intérêt porté à la conscience chez les invertébrés a suivi la même dynamique que chez les autres animaux non-humain, mais à une toute autre échelle : 4 articles au cours du 20<sup>ème</sup> siècle (mots clefs « invertebrate » et « consciousness »), 19 communications entre 2000 et 2010 et 53 publications entre 2010 et 2022 mentionnent ces termes dans leur titre ou leurs mots-clefs. Paradoxalement, c'est un petit îlot de réflexions et d'études sur la conscience chez les invertébrés au milieu d'un océan de travaux sur la conscience chez les vertébrés. Cela illustre bien que les verrous à lever pour étudier la conscience chez les invertébrés sont nombreux, je peux ici en mentionner quatre.



*Ceux des céphalopodes qui ont été étudiés, principalement la pieuvre commune (*Octopus vulgaris*) montrent des comportements extrêmement sophistiqués (Illustration Sandrine Dickel©)*

## Des verrous à lever pour étudier la conscience chez les invertébrés

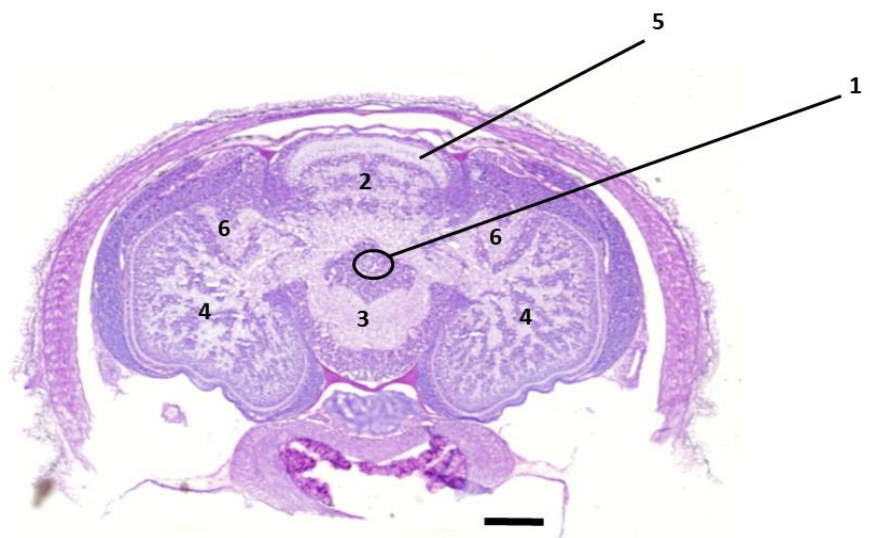
Le premier est que les invertébrés dans leur immense majorité ne possèdent pas de « cerveau ». C'est une évidence chez les spongiaires (éponges), les cnidaires et les cténares (méduses, coraux). C'est le cas également de la majorité des protostomiens (arthropodes, mollusques, annélides...). Le consensus semble large pour considérer qu'une forme de conscience ne peut émerger que chez des organismes dont le système nerveux est suffisamment centralisé

pour intégrer des informations de différentes natures ou de différents systèmes sensoriels (1). De nombreuses études sur la conscience sont basées sur les homologues anatomiques et fonctionnelles entre humains et animaux. Des activations corticales et thalamocorticales similaires interviennent chez un humain et un animal soumis à des tâches similaires (2). Dans les faits, ces approches comparatives ne concernent que quelques mammifères et quelques oiseaux. Les plans d'organisation des systèmes nerveux des invertébrés sont trop différents de ceux des vertébrés pour envisager de telles démarches. Un autre verrou concerne les capacités perceptives, motrices, cognitives de la plupart des invertébrés. Un nématode (vers rond) ne peut collecter que des informations proches de lui (chimiques, visuelles, tactiles). Il est capable de certains conditionnements classiques, mais pas de conditionnement opérant, sa mémoire est limitée. Selon certains auteurs, il ne posséderait pas les capacités suffisantes pour accéder à une forme de conscience (1). Certains soulignent toutefois que le cahier des charges requis pour que l'on considère qu'une espèce peut exprimer une forme de conscience (taille du cerveau, performances sensorielles et capacités cognitives) est plus « communément admis » que le résultat d'études comparatives rigoureuses qui viseraient à déterminer des critères neuro-cognitifs précis. Le troisième verrou est méthodologique. Définir la conscience n'est pas chose aisée. Les moyens d'investigation des processus conscients et inconscients chez l'humain sont principalement basés sur la verbalisation des perceptions, des sensations et des émotions ou l'utilisation d'objets. Depuis des décennies, d'innombrables outils d'investigations ont été développés pour tenter de contourner l'absence de langage chez l'animal. Même si ces outils d'exploration cognitive n'ont pas tous eu pour but d'étudier la conscience, ils constituent des outils précieux pour en explorer certaines composantes, notamment en relation avec l'attention ou les états subjectifs. Ces batteries de tests n'existent pas encore chez les invertébrés. Lorsque certains ont été développés, ils ne concernent que très peu d'espèces, comme la pieuvre ou l'abeille. De nouveaux moyens d'investigation et de nouveaux questionnements doivent être envisagés chez les animaux, les invertébrés en particulier. Le quatrième verrou est

éthique. Les recherches sur la conscience chez l'animal sont à peu près concomitantes de l'évolution des dispositions législatives relatives au bien-être des animaux de rente ou utilisés en recherche. On peut citer, pour les animaux utilisés à des fins de recherche, la Directive 2010/63/EU en Europe ou, en France, la modification du code civil en 2015 qui considère les animaux comme des « êtres sensibles » (Loi #2015-177, article 515-14). Que l'on considère un animal comme sensible change la nature des relations que nous entretenons avec lui. À l'opposé, les précautions éthiques que nous devons prendre envers les animaux changent notre façon d'appréhender leurs états mentaux. Les dispositions législatives vis-à-vis de l'animal sont donc à la fois les résultats et de puissants moteurs dans l'évolution de l'opinion publique. Et c'est l'opinion publique qui pousse largement les institutions à soutenir de nombreux projets de recherche visant à optimiser le bien-être animal. Cet effet cumulatif peut expliquer, au moins en partie, l'explosion brutale des recherches sur la conscience chez l'animal non-humain. Ce phénomène vertueux n'a cependant concerné jusqu'à présent que les espèces vertébrées. Aucun invertébré n'a été intégré à la réglementation sur le bien-être animal, pour la recherche ou à des fins commerciales. Enfin presque aucun invertébré...

### Conscience et bien-être chez les invertébrés

Extraits de *la Cambridge Declaration on Consciousness* (7 juillet 2012) : « il y a suffisamment d'évidences convergentes pour que les animaux non-humains possèdent [tous les substrats neuronaux] qui permettent



**Figure 1 :** Coupe frontale du cerveau d'une seiche juvénile : 1- œsophage ; 2- lobes de la masse supra-œsophagienne ; 3 – lobes de la masse sous-œsophagienne ; 4- lobes optiques ; 5 – lobe vertical (l' « hippocampe » du cerveau des céphalopodes) ; 6 – lobes pédonculés (le « cervelet » du cerveau des céphalopodes). Barre d'échelle : 1 mm.

des stades conscients [...] ». « Les animaux non-humains, incluant les mammifères, les oiseaux et beaucoup d'autres créatures [...] possèdent ces substrats [...] ». Il est spécifié que les animaux concernés « incluent les invertébrés », et il est ajouté « ...de façon *évidente* pour les insectes et les mollusques céphalopodes » (nautes, calmars, seiches, poulpes). En corolaire, la réglementation européenne sur le bien-être des animaux utilisés à des fins de recherches (Directive 2010/63/EU) inclut les Céphalopodes. Plusieurs raisons peuvent expliquer cela : ils possèdent un véritable cerveau, de très loin le plus développé de tous les invertébrés : 300 millions de neurones. Il n'y a pas de cortex ni de thalamus chez la pieuvre, leur cerveau étant constitué d'une agglomération de lobes (Figure 1). Autre « invertébritude », plusieurs lobes sensorimoteurs et/ou intégratifs sont situés en dehors du cerveau. Alors pourquoi les neuroscientifiques à Cambridge ont-ils proposé que les pieuvres fassent partie des animaux possédant un système nerveux compatible avec l'expression d'une forme de conscience ? Parce que de nombreux travaux ont mis en évidence la présence de lobes fonctionnellement analogues à des structures corticales très associatives des vertébrés. On peut citer le lobe vertical, analogue de l'hippocampe ou les lobes optiques, analogues fonctionnels des structures corticales d'intégration visuelles (Figure 1). Ces structures sont impliquées dans les processus d'apprentissage, dans la mémoire, et dans certains processus de décision (3). L'existence de ces analogies entre le cerveau de la pieuvre et celui des vertébrés, un haut niveau de complexité, une proportion élevée de micro- et d'interneurones permettent d'envisager qu'un céphalopode puisse être doué d'une forme de conscience. Chez les insectes, le cerveau est certes moins volumineux (900.000 neurones chez une abeille). Mais de nombreuses études sur l'abeille soulignent la présence de structures cérébrales qui intègrent des informations multimodales (visuelles, olfactives). Elles sont impliquées dans l'apprentissage, la mémoire et, par leurs influences inhibitrices, probablement également sur certains processus d'évaluation des informations de l'environnement (4). Malgré certaines analogies fonctionnelles, le plan d'organisation du cerveau des insectes est, là encore, complètement différent de celui des vertébrés humains ou non-humains, et aussi de celui des invertébrés non-arthropodes d'ailleurs. Malgré ces analogies fonctionnelles et en l'état actuel des connaissances sur les invertébrés, il est plus prudent se contenter de similarités comportementales entre vertébrés et invertébrés pour les recherches sur la conscience. L'écueil de raisonnements tautologiques de

type : « telle structure du cerveau de l'abeille est impliquée dans la réalisation d'une tâche dont on sait qu'elle nécessite des processus conscients chez l'humain, donc l'activation de cette structure signale une forme de conscience chez l'animal » est proche.

### La conscience chez les invertébrés : un défi pour les chercheurs

A part un article, très controversé, qui argumente explicitement l'existence d'une conscience chez la drosophile sur la seule base de leurs capacités d'attention sélective (5), les pionniers du domaine se contentent de proposer certains invertébrés d'intérêts pour étudier la conscience : céphalopodes (6) et insectes (7). Ceux des céphalopodes qui ont été étudiés, principalement la pieuvre commune (*Octopus vulgaris*) et la seiche commune (*Sepia officinalis*) (sur les 800 espèces connues...), montrent des comportements extrêmement sophistiqués (communication, recherche de nourriture, navigation, sommeil, jeu...) et des capacités cognitives remarquables (catégorisation, généralisation, apprentissages opérants de règles et contextuels, différents types de mémoire, planification ... (3)). Du côté des arthropodes, c'est l'abeille qui tient la corde : navigation, communication, reconnaissance individuelle et collective, apprentissages sociaux, manipulations de concepts ... (8). Problème : toutes ces capacités très spectaculaires peuvent s'exprimer, au moins chez l'humain, sans intervention de processus conscients (9, chap.2). On peut, sur la base d'une architecture cognitive complexe, proposer des candidats potentiels aux études sur la conscience mais il est téméraire de présupposer l'existence d'une forme de conscience sur la seule base d'arguments neurocognitifs. Les recherches d'une forme de conscience chez les invertébrés constituent un redoutable défi pour les chercheurs en éthologie et en neurosciences. Redoutable car le contexte n'est pas à l'apaisement : le législateur semble avoir déjà tranché la question, les invertébrés, au moins les céphalopodes doivent être traités comme des êtres « sentients » (Directive 2010/63/UE, Chap. 1 point 12). Ce terme indique explicitement une forme de conscience phénoménale (capacité à ressentir subjectivement un événement). Certes « doit être considéré comme » ne veut pas exactement dire « sont », mais ces deux expressions prennent curieusement le même sens dans les médias. Ce défi est redoutable car les invertébrés ont depuis toujours été utilisés par les neuroscientifiques comme modèles pour découvrir les phénomènes cellulaires et moléculaires sous-tendant des comportements complexes (on pense ici aux

travaux d'Eric Kandel sur l'aplysie). Tous les organismes étant très similaires à l'échelle cellulaire, l'aplysie a pu constituer un excellent modèle pour comprendre les autres espèces. Pourra-t-on envisager une telle démarche en étudiant une forme de conscience dans les systèmes nerveux hyper-complexes d'invertébrés très « sophistiqués » comme la pieuvre ? Rien n'est moins sûr. Par contre ces recherches apporteront de précieuses informations sur les fonctions adaptatives des stades, des formes et des contenus de la conscience chez des espèces confrontées à des pressions évolutives très différentes. Les outils développés par les sciences cognitives sont intéressants, mais ne sont probablement pas suffisants dans ce domaine. Il est nécessaire de trouver des portes qui nous donneront accès aux états subjectifs de l'animal. Des recherches sur les émotions et les effets des états émotionnels des individus sur leurs comportements sont indispensables. Ces approches se développent chez les animaux domestiques en éthologie appliquée (9 chap. 3), chez l'abeille (10). Au laboratoire, nous menons des investigations approfondies de ces phénomènes chez les Céphalopodes<sup>1</sup>.

Existe-t-il une forme de conscience chez des invertébrés ? Nous aurons peut-être des arguments robustes pour répondre à cette question. Mais le problème semble insurmontable lorsqu'il s'agira de savoir chez quels invertébrés la conscience a émergé. S'il est peut-être possible de déceler qu'un phénomène aussi intime que la conscience existe chez une espèce, comment démontrer qu'il n'existe pas chez une autre ?

[ludovic.dickel@unicaen.fr](mailto:ludovic.dickel@unicaen.fr)

## Références

- (1) Feinberg TE et Mallat JA, The question of invertebrate consciousness, in *Consciousness demystified*, MIT Press (2018)
- (2) Ehret G et Romand R, *Front Syst Neurosci.*, DOI:10.3389/fnsys.2022.941534 (2022)
- (3) Mather J et Dickel L. *Curr. Opin. Behav. Sci.* 16, 131–137. DOI: 10.1016/j.cobeha.2017.06.008. (2017)
- (4) Klein C. et Barron AB. *Anim. Sent.* 9(1). DOI:10.51291/2377-7478.1113 (2016)
- (5) Swinderen Bv. *Bioessays*; 321-330. DOI: 10.1002/bies.20195 (2005)
- (6) Mather J. et Carere C. *Anim. sent.* 9(2). DOI:10.51291/2377-7478.1127 (2016)
- (7) Chittka L. et Wilson C. *American Scie.* 107(6):364-369. DOI:10.1511/2019.107.6.364 (2019)
- (8) Menzel P. et al. *Cognition in Invertebrates pp 403-442, In Evolution of Nervous System*, Ed Elsevier (2007)
- (9) Le Neindre P. et al. *INRAE, External Scientific Report 2017*, DOI:10.2903/sp.efsa.2017.EN-1196. (2018)
- (10) Solvi C. et al. *Science*, 353(6307): 1529-1531. DOI: 10.1126/science.aaf445 (2016)

<sup>1</sup> *Projet ANR-18-CE02-0022 EthiCs (Emotion et prises de décision chez le Seiche). L. Dickel (porteur, EthoS, France) et CC Chiao (Visual Neuroscience Laboratory, Taïwan).*