



VOS OUTILS INTERACTIFS



Consultez votre
MANUEL NUMÉRIQUE,
qui vous donne accès
aux animations, aux
exercices et à la
plateforme d'anatomie interactive.

▲ **Figure 32.1** Quelles sont les adaptations qui font du caméléon un redoutable prédateur ?

CONCEPTS CLÉS

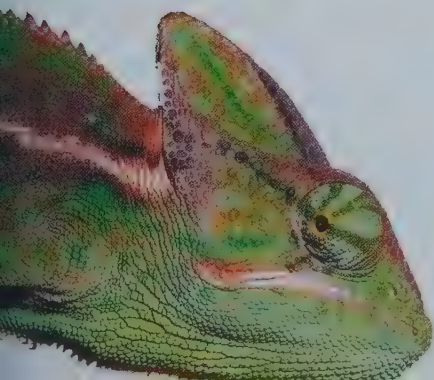
- 32.1** Les animaux sont des organismes eucaryotes multicellulaires et hétérotrophes dont les tissus se développent à partir de feuillets embryonnaires
- 32.2** L'histoire des animaux couvre plus d'un demi-milliard d'années
- 32.3** Les animaux peuvent être classés selon leurs « plans d'organisation corporelle »
- 32.4** Des données moléculaires et morphologiques récentes mènent à de nouveaux points de vue sur la phylogénèse des animaux

Un règne de consommateurs

Bien qu'il se déplace lentement, le caméléon de la **figure 32.1** est capable de projeter sa langue, longue et collante, à la vitesse de l'éclair pour saisir sa proie. De nombreuses espèces de caméléons peuvent également changer de couleur et, par conséquent, se dissimuler dans leur environnement. Ils deviennent ainsi difficiles à apercevoir, tant pour leurs proies que pour les prédateurs en quête d'un repas.

Ces caractéristiques du caméléon en font un exemple de prédateur efficace. D'autres animaux déjouent leurs proies en usant de leur force ou de leur rapidité, ou en produisant certaines toxines, alors que certains profitent de l'imprudence de leurs proies et les capturent en construisant des pièges, telles les toiles d'araignée. De même, les herbivores peuvent dénuder les plantes dont ils s'alimentent, les laissant sans feuilles ni graines, alors que certains animaux parasites affaiblissent leurs hôtes en se nourrissant de leurs tissus ou de leurs liquides corporels. Ces animaux, et plusieurs autres, sont aussi des consommateurs efficaces, notamment parce qu'ils disposent de cellules musculaires et nerveuses spécialisées qui leur permettent de détecter, de capturer et de manger d'autres organismes, y compris ceux qui peuvent échapper à leurs attaques. Les animaux se montrent également très efficaces dans la transformation des aliments qu'ils consomment. La plupart d'entre eux disposent en effet d'un excellent système digestif à deux ouvertures (une bouche et un anus).

Avec le présent chapitre commence une exploration du règne des animaux qui se poursuivra dans les deux chapitres suivants. Nous allons examiner les caractéristiques communes à tous les animaux ainsi que l'histoire évolutive de ce règne de consommateurs.



Les animaux sont des organismes eucaryotes multicellulaires et hétérotrophes dont les tissus se développent à partir de feuillet embryonnaires

Il n'est pas simple d'énumérer les caractéristiques communes à tous les animaux. En effet, on rencontre des exceptions à presque tous les critères qui permettent de distinguer les animaux des autres organismes. Par exemple, on serait peut-être porté à considérer la mobilité comme un caractère commun à tous les animaux : pourtant, les éponges ne sont pas mobiles. Malgré tout, les animaux présentent plusieurs caractéristiques qui, lorsqu'elles sont considérées en bloc, permettent d'établir une définition acceptable.

Le mode de nutrition

Le mode de nutrition des animaux diffère de ceux des végétaux et des eumycètes. Les végétaux sont des eucaryotes autotrophes capables de produire des molécules organiques au moyen de la photosynthèse. Les eumycètes, eux, sont des hétérotrophes qui croissent sur leurs nutriments, ou près d'eux, et qui s'en nourrissent par absorption (souvent après avoir sécrété des enzymes qui digèrent la nourriture à l'extérieur de leur organisme). Contrairement aux végétaux, et tout comme les eumycètes, les animaux sont incapables de fabriquer la totalité de leurs propres molécules organiques, de sorte que, dans la plupart des cas, ils les ingèrent soit en d'autres organismes vivants, soit en consommant des matières organiques non vivantes. Par contre, les animaux se distinguent des eumycètes par le fait qu'ils utilisent des enzymes pour digérer leurs aliments *après* les avoir ingérés.

La structure et la spécialisation des cellules

Les animaux sont des organismes eucaryotes et multicellulaires, comme les végétaux et la plupart des eumycètes. Toutefois, contrairement aux cellules des végétaux et des eumycètes, les cellules animales ne s'entourent pas d'une paroi renforçant la structure de l'organisme. Le corps des animaux doit plutôt sa cohésion à des protéines externes à la membrane cellulaire qui unissent les cellules les unes aux autres (voir la figure 6.30). La plus abondante de ces protéines est le collagène, que l'on observe uniquement chez les animaux.

Chez la plupart des animaux, les cellules forment des **tissus**, c'est-à-dire des groupes de cellules similaires qui partagent une fonction commune. Par exemple, les tissus musculaires et les tissus nerveux sont respectivement responsables du mouvement et de la conduction des signaux nerveux. Ces deux aptitudes sont à l'origine de nombreuses adaptations qui distinguent les animaux des végétaux et des eumycètes (qui ne possèdent ni cellules musculaires ni cellules nerveuses). Aussi les cellules musculaires et nerveuses sont-elles fondamentales dans le mode de vie des animaux.

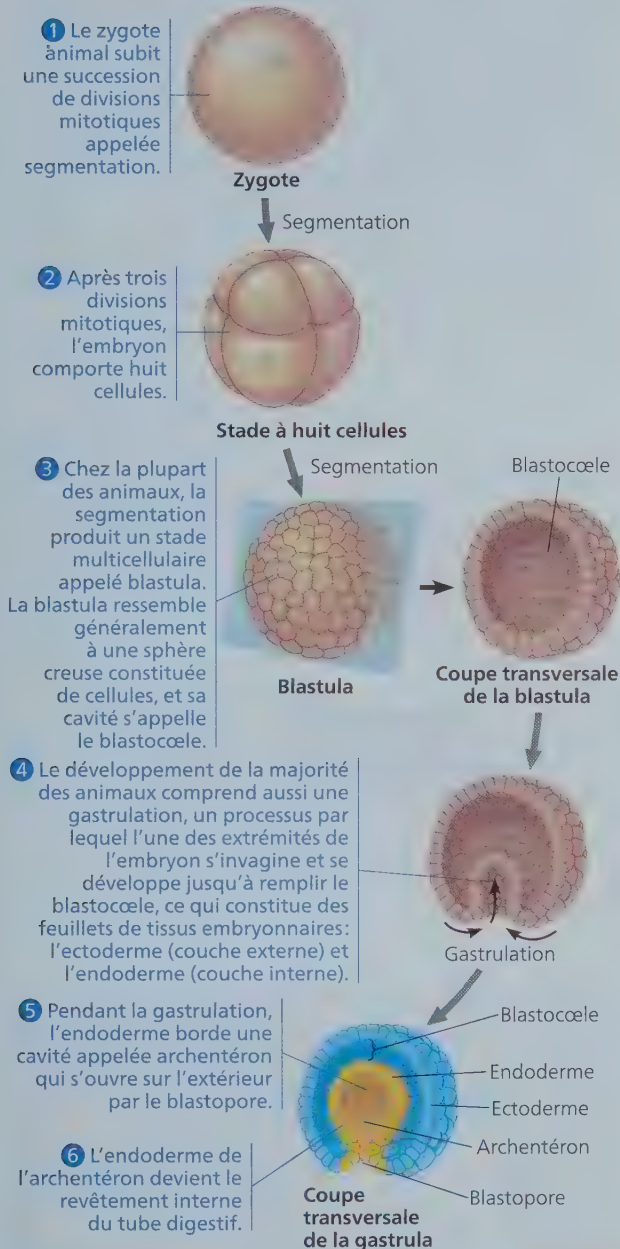
La reproduction et le développement

La plupart des animaux se reproduisent de façon sexuée, et c'est habituellement le stade diploïde qui prédomine au cours de leur cycle de développement. Durant le stade haploïde, les spermatozoïdes et les ovules sont produits directement par division méiotique, contrairement à ce qu'on observe chez les végétaux et les eumycètes (voir la figure 13.6). Chez la majorité des espèces animales, un petit spermatozoïde flagellé féconde un ovule plus gros qui ne se déplace pas par lui-même ; cela donne un zygote diploïde. Le zygote subit ensuite une **segmentation**, une série de divisions cellulaires mitotiques, entre lesquelles on n'observe aucune croissance cellulaire. Au cours du développement de la plupart des animaux, la segmentation aboutit à la formation d'un stade multicellulaire appelé **blastula**, qui prend souvent la forme d'une sphère creuse (figure 32.2). Vient ensuite la **gastrulation**, pendant laquelle se développent les feuillet de tissus embryonnaires destinés à former les diverses parties de l'organisme adulte (voir également la figure 47.8). Le stade de développement qui lui est associé est appelé **gastrula**.

Bien que certains animaux, dont les humains, passent directement au stade adulte, un grand nombre doivent d'abord passer par au moins un stade larvaire. La **larve** est une forme sexuellement immature. Sa morphologie, ses besoins nutritifs, voire son habitat, diffèrent de ceux de l'adulte, comme on peut l'observer chez la larve aquatique d'un moustique ou d'une libellule. La larve subit finalement une **métamorphose**, qui transforme l'animal en un juvénile, c'est-à-dire une forme ressemblant à l'adulte, mais sans la maturité sexuelle.

Quoique la morphologie des animaux adultes varie considérablement d'une espèce à l'autre, les gènes qui régissent leur développement sont les mêmes pour une grande variété de taxons. Tous les animaux possèdent des gènes développementaux qui régulent l'expression d'autres gènes. Nombre de ces gènes régulateurs ont en commun des unités d'ADN de même séquence appelées *boîtes homéotiques* (voir le concept 21.6). La plupart des animaux possèdent une famille de gènes uniques contenant des boîtes homéotiques, les gènes *Hox*. Les gènes *Hox* remplissent d'importantes fonctions dans le développement des embryons animaux, car ils régissent l'expression de nombreux autres gènes qui influent sur la morphologie animale.

Les éponges, qui comptent parmi les lignées d'animaux modernes (vivants) les plus simples, sont dépourvues de gènes *Hox*. Elles présentent néanmoins d'autres boîtes homéotiques qui influent sur leur forme, notamment celles qui régissent la formation des pores inhalants qui percent leur paroi corporelle, ce qui constitue la principale caractéristique morphologique de ces organismes (voir la figure 33.4). Chez les ancêtres d'animaux plus complexes, la famille des gènes *Hox* est née de la duplication de gènes homéotiques primitifs. Avec le temps, la famille des gènes *Hox* a subi une série de duplications, de sorte que la « boîte à outils » servant à la régulation du développement offre un plus grand nombre de possibilités. Chez la plupart des animaux, les gènes *Hox* régissent la structuration de l'axe antéro-postérieur, ainsi que d'autres aspects du développement. C'est le même réseau génétique qui a subsisté et qui commande le développement de la mouche et de l'humain, en dépit de leurs évidentes différences et de leurs centaines de millions d'années d'évolution divergente.



RETOUR SUR LE CONCEPT **32.1**

1. Résumez les principaux stades du développement des animaux. Comment s'appelle la famille de gènes régulateurs dont le rôle est déterminant ?
2. **ET SI ?** ► Imaginez une plante qui, en plus d'être capable d'extraire des nutriments du sol et de réaliser la photosynthèse, pourrait chasser, capturer et digérer ses proies. Quelles caractéristiques animales devrait-elle présenter ?

Voir les réponses proposées à l'appendice A.

L'histoire des animaux couvre plus d'un demi-milliard d'années

À ce jour, les biologistes ont identifié 1,3 million d'espèces existantes d'animaux, mais ils estiment que le véritable nombre d'espèces pourraient être beaucoup plus élevé. Cette vaste diversité s'étend à une gamme extraordinaire de variations morphologiques s'appliquant à des organismes aussi différents que les coraux, les blattes et les crocodiles. Diverses études montrent que cette grande diversification des animaux s'est amorcée au cours du dernier milliard d'années. Par exemple, des chercheurs ont mis au jour des sédiments vieux de 710 millions d'années contenant des traces chimiques de stéroïdes qui, aujourd'hui, sont principalement produits par un groupe particulier d'éponges. Comme les éponges sont des animaux primitifs, ces stéroïdes fossilisés nous indiquent que les animaux seraient apparus il y a 710 millions d'années.

De façon générale, des analyses génétiques confirment ces preuves biologiques issues de fossiles ; par exemple, d'après une analyse de l'horloge moléculaire réalisée récemment, les éponges seraient apparues il y a environ 700 millions d'années. Cette estimation correspond également aux résultats des analyses moléculaires qui permettent de supposer que l'ancêtre commun de toutes les espèces modernes d'animaux a vécu il y a environ 770 millions d'années. Mais à quoi donc ressemblait cet ancêtre, et comment les animaux peuvent-ils descendre d'ancêtres unicellulaires ?

Les étapes à l'origine des animaux multicellulaires

L'un des moyens permettant de recueillir de l'information au sujet de l'origine des animaux consiste à cibler les groupes de protistes qui leur sont étroitement apparentés. Comme le montre la **figure 32.3**, une combinaison de données morphologiques et moléculaires indique que les choanoflagellés comptent parmi les plus proches parents vivants des animaux. À partir de ces observations, les chercheurs ont posé l'hypothèse que l'ancêtre commun des animaux vivants pourrait avoir été un organisme filtreur semblable aux choanoflagellés modernes.

Des scientifiques qui tentaient d'établir *comment* les animaux sont apparus à partir d'ancêtres unicellulaires ont remarqué que l'origine de la multicellularité exige une évolution des cellules. En effet, celles-ci doivent acquérir de nouvelles capacités qui leur permettront d'adhérer (se lier) les unes aux autres et de communiquer entre elles en transmettant des signaux.

POUR APPROFONDIR ■ Pour en apprendre davantage au sujet de ces mécanismes, les chercheurs ont comparé le génome de *Monosiga brevicollis*, un choanoflagellé unicellulaire, à celui d'animaux représentatifs. Cette analyse a mis en évidence 78 domaines protéiques chez *M. brevicollis* qui, auparavant, n'avaient été observés que chez des animaux. (Un *domaine* est une région structurale ou fonctionnelle clé d'une protéine.) Par exemple, *M. brevicollis* possède des gènes qui encodent les domaines de certaines protéines (connues sous le nom de cadhérines), qui jouent un rôle clé dans la façon dont les cellules

animales se fixent les unes aux autres. Cet organisme possède également d'autres gènes qui encodent les domaines protéiques utilisés comme voie de signalisation cellulaire chez les animaux (et seulement chez eux).

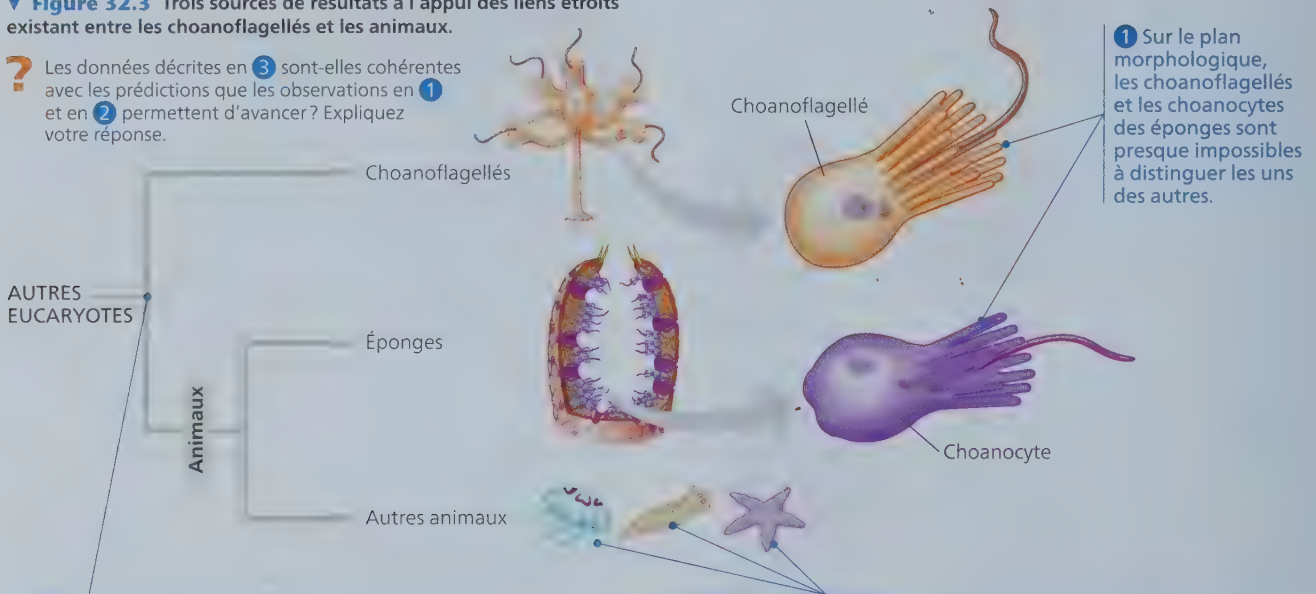
Maintenant, examinons plus attentivement les protéines de fixation que sont les cadhérines. Des analyses de séquences d'ADN montrent que les cadhérines animales sont principalement constituées de domaines également présents chez une protéine des choanoflagellés (figure 32.4) qui s'apparente aux cadhérines. Cependant, les cadhérines animales possèdent également une région fortement préservée que l'on ne trouve pas dans la protéine des choanoflagellés (le domaine « CCD » illustré à la figure 32.4). Aussi, les données laissent croire que les

cadhérines sont issues de la réorganisation des domaines protéiques présents chez les choanoflagellés et de l'intégration d'un nouveau domaine, soit la région conservée « CCD ». Dans l'ensemble, la comparaison du génome d'un choanoflagellé et d'animaux représentatifs semble indiquer que les principales étapes de la transition vers la multicellularité chez les animaux se caractérisent par l'acquisition de nouveaux moyens d'utiliser les protéines ou une partie des protéines encodées par certains gènes des choanoflagellés. ■

Examinons maintenant les observations paléontologiques qui témoignent de l'évolution des animaux depuis leur lointain ancêtre commun, au cours de quatre ères géologiques (consulter le tableau 25.1 pour revoir l'échelle géochronologique).

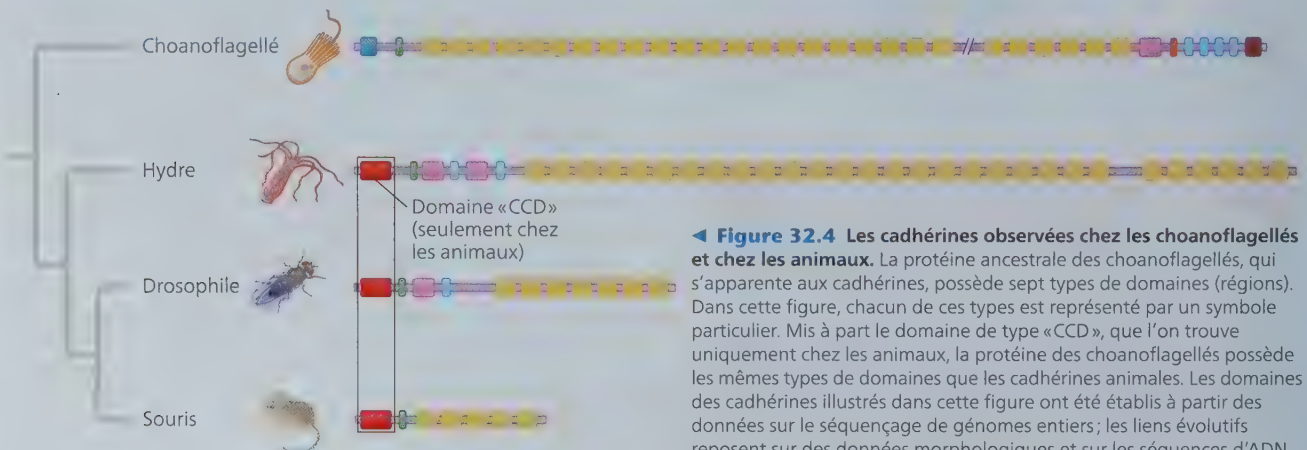
▼ Figure 32.3 Trois sources de résultats à l'appui des liens étroits existant entre les choanoflagellés et les animaux.

? Les données décrites en **3** sont-elles cohérentes avec les prédictions que les observations en **1** et en **2** permettent d'avancer? Expliquez votre réponse.



3 Les données génétiques indiquent que les choanoflagellés et les animaux seraient des taxons frères. De plus, on a découvert chez des choanoflagellés des gènes d'activation et des protéines d'adhésion qui n'avaient été observés que chez les animaux.

2 Des choanocytes semblables ont été observés chez d'autres animaux, dont les cnidaires, les plathelminthes (vers plats) et les échinodermes, mais nul n'a relevé leur présence chez d'autres protistes que les choanoflagellés, pas plus que chez les végétaux ou les eumycètes.



◀ Figure 32.4 Les cadhérines observées chez les choanoflagellés et chez les animaux. La protéine ancestrale des choanoflagellés, qui s'apparente aux cadhérines, possède sept types de domaines (régions). Dans cette figure, chacun de ces types est représenté par un symbole particulier. Mis à part le domaine de type « CCD », que l'on trouve uniquement chez les animaux, la protéine des choanoflagellés possède les mêmes types de domaines que les cadhérines animales. Les domaines des cadhérines illustrés dans cette figure ont été établis à partir des données sur le séquençage de génomes entiers; les liens évolutifs reposent sur des données morphologiques et sur les séquences d'ADN.