

■ Organismes microscopiques, les rotifères bdelloïdes restent une énigme quant à leur mécanisme de reproduction et à leur étonnante résistance dans des conditions extrêmes.

■ Un sujet de recherche passionnant qu'explore une équipe de l'ULB-UNamur.

Le plus petit animal au monde livre ses secrets

Entretien Laurence Dardenne

Sous un nom quelque peu barbare, les rotifères bdelloïdes constituent, pour les biologistes, un grand mystère. Comment en effet ces organismes microscopiques, les plus petits animaux de la Terre, résistent-ils aussi bien et depuis si longtemps à des conditions extrêmes telles que le dessèchement complet? Comment aussi, alors que leur reproduction est asexuée, arrivent-ils à se diversifier et évoluer?

Ce sont des questions auxquelles des réponses viennent d'être apportées dans deux recherches menées, en collaboration avec l'équipe de Bernard Hallet de l'UCLouvain, par des chercheurs de l'ULB-UNamur, sous la direction du Pr Karine Van Doninck, directrice de l'Unité de recherche en biologie moléculaire et évolution à l'ULB, dans le cadre de son projet ERC-Consolidator. Ces chercheurs belges ont en quelque sorte démystifié, sinon résolu, ce grand scandale évolutif.

Comment définir le rotifère bdelloïde?

Le rotifère bdelloïde est le plus petit animal connu à ce jour sur notre planète Terre. Il mesure moins d'un millimètre. On parle bien ici d'un animal avec un système digestif complet, un système reproductif, un système excréteur, un système nerveux... composé de cellules eucaryotes (avec un vrai noyau), tel que l'Homme.

Une de ses caractéristiques étonnantes est que l'espèce ne comporte que des femelles...

En effet, on parle de "scandale évolutif" car il n'y a dans cette espèce que des femelles qui se clonent. Or, on sait que la base de l'évolution est de créer de la variabilité, condition nécessaire pour pouvoir constam-

ment s'adapter à un environnement qui change. La grande question est donc: comment ces rotifères bdelloïdes, présents sur notre planète depuis plus de 10 millions d'années – et probablement bien davantage – ont-ils été capables de se diversifier en plus de 400 espèces différentes décrites à ce jour? Depuis les années 1950, des études ont décrit que les rotifères bdelloïdes, qui ont bel et bien des ovaires avec des ovules, semblent se passer du processus de méiose, le mécanisme de division cellulaire qui aboutit à la production de gamètes différents (NdR: *cellules reproductrices mâles ou femelles contenant une seule copie des chromosomes*) lors de la reproduction sexuée. Raison pour laquelle, dans tous les livres de biologie évolutive, on les présente comme un exemple de scandale évolutif, formant des gamètes non réduits, identiques aux autres cellules de leur corps.

L'une de vos recherches vient de mettre en évidence un processus méiotique modifié. À quel niveau?

Avec l'appui de projets européens, mon équipe a étudié la dynamique des chromosomes lors de la période d'ovulation des rotifères, pour comprendre en détail comment les gamètes sont formés. Cette étude, réalisée avec un microscope confocal, a démontré que le rotifère a en réalité bien gardé une partie de la reproduction sexuée, notamment la méiose. En revanche, pendant la première division cellulaire méiotique, tous les chromosomes restent dans la même cellule après s'être mis par paires, au lieu de se séparer. C'est un moment essentiel de la

méiose car c'est alors qu'un échange de matériel génétique a lieu entre les chromosomes homologues. C'est cette recombinaison qui crée de la variabilité. Les descendants reçoivent donc tous les chromosomes de la mère, mais avec des remaniements génétiques. En démontrant qu'il y a quand même de la recombinaison et dès lors de la variabilité possible, nous démystifions une partie du scandale.

“Le rotifère est un peu un cancer vivant.”



Pr Karine Van Doninck

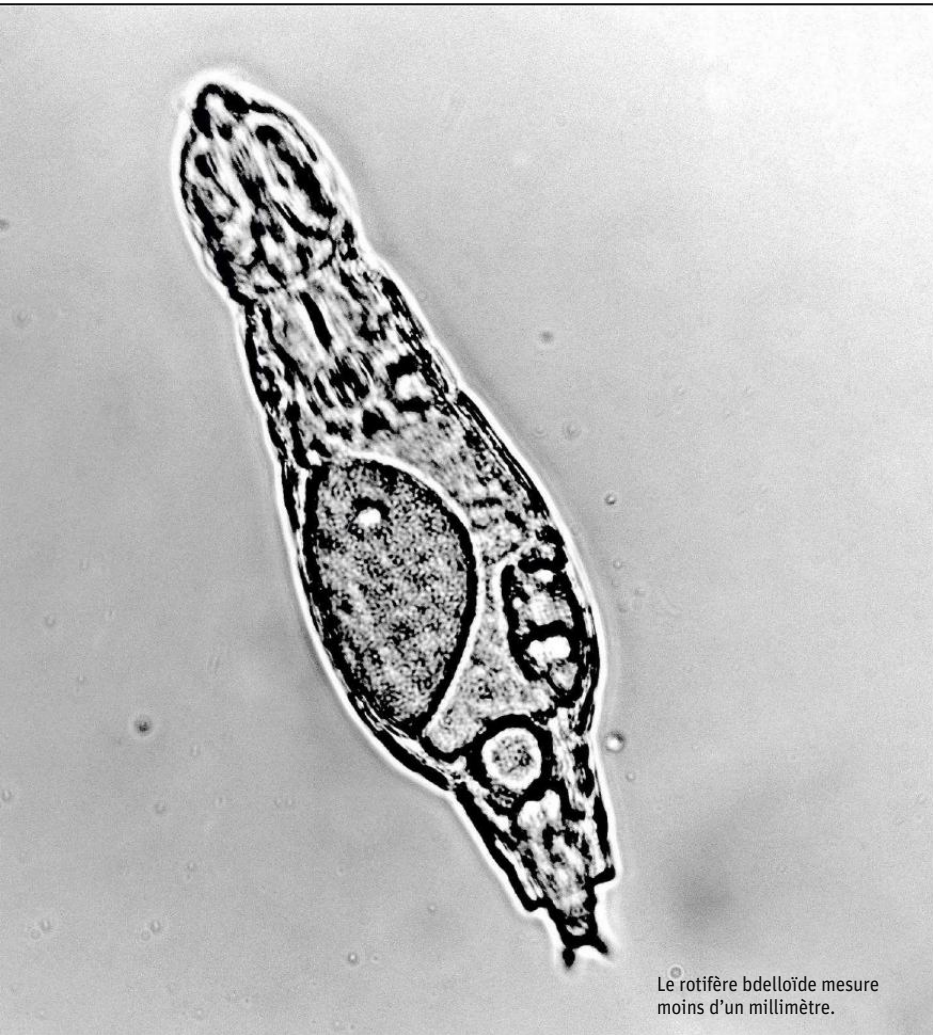
Directrice de l'Unité de recherche en biologie moléculaire et évolution à l'ULB

Une autre caractéristique exceptionnelle du rotifère est sa grande capacité à résister à des conditions extrêmes...

Les rotifères vivent en effet dans les lichens et des mousses, en l'occurrence des environnements qui se dessèchent constamment. Ils sont capables à n'importe quel stade de leur vie de complètement se dessécher et attendre la présence d'eau pour continuer leur cycle de vie et la reproduction. C'est une caractéristique exceptionnelle pour un animal. On peut d'ailleurs les garder des années desséchés, même les congeler à -80 degrés, ils survivent. En labo, si on ne dessèche pas le rotifère, il meurt après 30 jours. Sa vie peut par contre être très longue si elle est entrecoupée de périodes desséchées.

Ils sont donc très résistants à la dessiccation et à la congélation. Mais ce n'est pas tout...

Nous avons effectivement démontré qu'ils sont aussi très résistants à l'irradiation ionisante, qui est utilisée dans les traitements du cancer. Les tumeurs sont exposées aux protons qui fragmentent les chromosomes et détruisent toutes les cellules, saines et cancé-



Le rotifère bdelloïde mesure moins d'un millimètre.

MARC GUÉRINEAU

reuses. Lorsque l'on expose les rotifères bdelloïdes à des doses de protons bien plus élevées que celles utilisées dans le cadre du cancer, les chromosomes du rotifère sont également pulvérisés mais au contraire des cellules cancéreuses ou humaines qui, elles, sont éliminées, les chromosomes du rotifère sont réparés. Cette capacité de résistance exceptionnelle à d'énormes doses de radiations ionisantes est une adaptation à la dessiccation, et grâce à cela le rotifère est également devenu un modèle pour la recherche spatiale.

Vous avez aussi démontré qu'avoir conservé cette méiose est important pour bien réparer le matériel génétique endommagé dans leurs gamètes...

De fait, ce mécanisme de méiose essentiel pour la reproduction sexuée a été maintenu chez le rotifère non seulement pour créer de la variabilité, mais probablement aussi pour parfaitement réparer leurs chromosomes après avoir été exposés à la dessiccation ou à la radiation ionisante, deux mécanismes qui induisent des cassures chromosomiques. En effet, lors de la méiose, les chromosomes homologues s'apparient et la copie intacte peut servir de modèle pour réparer la copie endommagée, ce qui permet de transmettre un matériel génétique correct aux descendants.

Ce qui vous fait dire que le rotifère est un peu "un cancer vivant"...

Le rotifère bdelloïde n'a pas le gène P53 qui contrôle la division cellulaire chez l'homme et les animaux. Quand ce gène est muté, la division cellulaire n'est plus contrôlée et cela peut provoquer un cancer. Le rotifère est un animal qui, à chaque fois qu'il subit des dommages, est capable de les réparer et de continuer à vivre au lieu de détruire la

cellule endommagée. C'est donc un peu comme "un cancer vivant". Cet animal microscopique nous aide aussi à mieux comprendre comment réparer son matériel génétique quand on subit énormément de dommages.

Et qu'a révélé le séquençage du génome ?

Nous avons découvert que les chromosomes de leur génome sont organisés par paires et qu'au bout des chromosomes, les rotifères ont intégré des gènes étrangers de bactéries, de plantes et de champignons et cela, de manière horizontale. On pense que cette intégration est en lien avec cette dessiccation : quand il se dessèche, les membranes de ses cellules deviennent poreuses, le matériel génétique se casse en morceaux et à ce moment-là, nous pensons qu'il est capable d'intégrer du matériel génétique étranger de son environnement (8 % de son génome)... Ce qui en fait, une fois encore, un organisme très intéressant à étudier, car on ne pensait pas qu'un animal était capable d'intégrer horizontalement du matériel génétique étranger.

Et au niveau du vieillissement, quel est l'intérêt de ces recherches ?

Nous avons observé que, quand ils sont desséchés ou irradiés, alors qu'ils subissent énormément de stress oxydatif, les rotifères sont capables de protéger leurs protéines de façon efficace. Ce qui en fait un modèle intéressant pour la recherche sur le vieillissement. Avec mon équipe, nous menons ainsi une recherche pour trouver les molécules qui permettent cette réparation exceptionnelle de leur matériel génétique et la protection de leurs protéines.

L'accord de Paris reste jouable

Climat Le réchauffement peut encore être limité si les gouvernements et les entreprises agissent de façon déterminée.

Le monde peut encore garder le réchauffement climatique "bien en deçà de 2°C", à condition de quadrupler les capacités d'électricité décarbonée d'ici à 2030 et d'investir massivement en particulier dans la capture du carbone (CCS) et l'hydrogène "vert", souligne l'édition annuelle du New Energy Outlook, publié mercredi par le cabinet d'expertise BloombergNEF (BNEF). Quelques jours après la fin d'un sommet climat (la Cop 27) peu concluant en termes d'ambition climatique, le rapport dresse une liste d'actions, afin de limiter le réchauffement à 1,77°C. Il s'intéresse en particulier à neuf pays critiques représentant 63 % des émissions mondiales de gaz à effet de serre.

Dans ce scénario qui vise à atteindre la neutralité carbone en 2050, "passer d'une électricité d'origine fossile à une électricité propre sera le principal facteur de réduction des émissions mondiales en 2022-2050", permettant de faire environ la moitié du chemin, estiment les auteurs. En 2050, la production électrique mondiale viendrait d'abord de l'éolien (48 %), du solaire (26 %), puis d'autres renouvelables (7 %), du nucléaire (9 %), de l'hydrogène, et résiduellement du gaz et du charbon avec capture du carbone. La décarbonation passera aussi par une électrification des transports, industries, bâtiment, chaleur, estime le rapport, qui observe un retard dans ces deux derniers domaines.

Dans cette projection, en 2050, la production électrique mondiale viendra d'abord de l'éolien et du solaire.

L'essor des capacités de CCS devra également être massif, pour passer d'environ 40 mégatonnes en 2021 à 1,7 gigatonne d'ici à 2030 et plus de 7 gigatonnes d'ici 2050. Le recours à l'hydrogène devra être multiplié par cinq : de 90 millions de tonnes aujourd'hui, largement produites à base d'énergies fossiles, à environ 500 millions de tonnes décarbonées en milieu de siècle.

Dans ce paysage, les pays développés étudiés par le rapport (États-Unis, Grande-Bretagne, France, Allemagne, Japon, Australie) réduisent leurs émissions dans la décennie, tandis que les émergents et en développement (Inde, Indonésie, et reste du monde) voient leurs émissions croître encore quelques années avant de décliner. La Chine quant à elle "suit son propre chemin", mêlant baisse rapide et baisse tardive.

Un autre scénario laissant faire les tendances actuelles, sans les accélérer, verrait une transition se réaliser, la crise de l'énergie soulignant la compétitivité des renouvelables. Elle conduirait cependant le monde vers un réchauffement de +2,6°C, synonyme de forts impacts, selon BNEF. (AFP)