



## RÉDUCTION DU NOMBRE D'ANIMAUX DE LABORATOIRE: COMMENT LES TECHNOLOGIES D'IMAGERIE PEUVENT AIDER

Jordi L. Tremoleda<sup>1,2\*</sup>

<sup>1</sup>Neurosciences, chirurgie et traumatisme, Blizard Institute, Queen Mary University, Londres, Royaume-Uni

<sup>2</sup>Services biologiques, Queen Mary University, Londres, Royaume-Uni

### JEUNES ÉXAMINATEURS:



INTER-  
NATIONAL  
SCHOOL  
OF  
LAUSANNE  
ÂGE: 11–12

Même lorsqu'il n'existe pas d'autres alternatives pour réaliser des expériences scientifiques, l'utilisation d'animaux de laboratoire demeure une décision difficile. Afin de promouvoir une recherche sur les animaux plus éthique, les scientifiques doivent suivre le principe des 3R. La réduction est l'un des 3R: elle consiste à réduire au minimum le nombre d'animaux utilisés, en obtenant des informations à partir d'un plus petit nombre d'animaux ou en obtenant plus d'informations d'un même nombre d'animaux. Les technologies d'imagerie permettent aux scientifiques de voir à l'intérieur du corps d'animaux vivants sans les blesser, de sorte que les animaux n'ont pas besoin d'être tués pour permettre aux scientifiques d'étudier leurs organes. En utilisant des techniques d'imagerie, les scientifiques peuvent étudier la maladie et les réponses aux traitements. Les animaux peuvent être analysés plusieurs fois lors d'études de longue durée, et par conséquent, les techniques d'imagerie protègent le

**bien-être des animaux en réduisant le nombre d'animaux utilisés dans la recherche.**

## LA RECHERCHE EST NÉCESSAIRE

Notre monde continue d'être confronté à des maladies dévastatrices, comme l'illustrent si bien les urgences sanitaires liées à la pandémie de Covid-19. Il est très important de comprendre comment le corps des humains et des animaux fonctionne, car cela aide les scientifiques à découvrir de nouveaux traitements pour les maladies animales et humaines. L'utilisation d'animaux dans la recherche a été vitale dans le soutien des percées médicales majeures, comme la découverte de vaccins et d'antibiotiques capables de prévenir et de traiter des infections dangereuses. La recherche sur animaux a également fait progresser notre compréhension de la génétique et notre connaissance sur la régénération des cellules de l'organisme [1]<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> <https://www.animalresearch.info/en/medical-advances/medical-discovery-timeline/>

Cependant, les animaux sont des êtres vivants qui ressentent la douleur et la détresse, et donc les utiliser pour la recherche est une décision difficile qui doit toujours être absolument nécessaire et éthiquement justifiable. La plupart des lois nationales et internationales encadrent les soins et le bien-être des animaux de laboratoire, à la fois pour le bien-être des animaux et comme moyen de soutenir la science de la plus haute qualité. Il y a plus de 60 ans, deux biologistes anglais, Russel et Burch, ont mis en place le principe des **3R** afin de faire une recherche plus humaine sur les animaux [2]. Le principe des 3R comprend le Remplacement des animaux par des méthodes alternatives lorsque cela est possible, la Réduction du nombre d'animaux utilisés dans les études de recherche et le Raffinement des méthodes expérimentales et des conditions d'hébergement pour minimiser la souffrance des animaux de laboratoire.

### LES 3R

Principes scientifiques qui remplacent, réduisent et raffinent le recours aux expériences sur les animaux, afin d'assurer une recherche humaine et attentive sur les animaux.

## POURQUOI UTILISONS-NOUS ENCORE DES ANIMAUX DANS LA RECHERCHE?

Malgré les progrès importants réalisés dans l'utilisation d'alternatives non animales (par exemple, l'utilisation d'échantillons humains ou de modèles informatiques), il arrive que les études sur les animaux soient inévitables, comme dans le cas de l'étude d'une maladie ou de l'essai d'un nouveau médicament. Il n'est pas éthiquement possible de tester de nouveaux médicaments sur des êtres humains et, jusqu'à présent, il n'existe aucune alternative aux animaux capable de reproduire les parties complexes et interactives d'un corps vivant (par exemple, les effets des battements cardiaques et de la circulation du sang sous le contrôle du cerveau). Les chercheurs ont la responsabilité juridique et éthique de s'assurer que les traitements qu'ils évaluent sont sans danger chez les humains ou les animaux pour lesquels ces traitements sont conçus. Il y a toujours un besoin urgent d'avoir de meilleurs

médicaments et de vaccins pour traiter des maladies mortelles comme le cancer, les troubles cérébraux, ou pour lutter contre les pandémies comme la Covid-19.

Les souris sont les animaux les plus utilisés dans la recherche. Bien que beaucoup plus petites que les humains, les souris ont des fonctions corporelles très similaires et partagent 95% de leurs gènes avec les humains. Cela signifie que la façon dont le corps d'une souris fonctionne et réagit aux médicaments est souvent très similaire à ce que l'on observe chez l'Homme, de sorte que l'utilisation de la souris dans la recherche peut être un moyen très instructif pour que les scientifiques puissent comprendre une maladie et la manière dont elle pourrait réagir au traitement. Plus récemment, les scientifiques ont de plus en plus recours à des poissons, des mouches ou des vers pour étudier les fonctions corporelles et de nouveaux traitements médicamenteux, mais l'anatomie et les différences de fonctions corporelles entre ces animaux et les humains peuvent être beaucoup plus grandes, il y a donc des limites à ce que ces expériences peuvent nous dire.

## PARLONS DES 3R: POURQUOI UNE RÉDUCTION EST NÉCESSAIRE

Les 3R guident toutes les recherches utilisant des animaux, en promouvant les meilleurs soins aux animaux et en soutenant une science de la plus haute qualité. À mesure que les scientifiques comprendront mieux les maladies humaines en examinant des patients et en travaillant avec des tests alternatifs, ces approches aideront à *Remplacer* l'utilisation des animaux dans la recherche. Mais dans d'autres cas, peut-être lors des étapes finales des tests de sécurité des nouveaux médicaments contre des maladies complexes comme le cancer ou les troubles cérébraux, il se peut que les scientifiques doivent encore utiliser des animaux. Lorsqu'ils réalisent des études exigeant l'utilisation d'animaux, les scientifiques doivent suivre les principes de *Réduction* et de *Raffinement* afin de réduire le nombre d'animaux utilisés et de s'assurer qu'ils évitent ou du moins limitent le mal fait aux animaux.

La **réduction** vise à utiliser le plus petit nombre d'animaux possible, en obtenant des informations d'un nombre moins élevé d'animaux ou en obtenant une plus grande quantité d'informations d'un même nombre d'animaux. Lors de la planification d'une étude de recherche pour tester un nouveau médicament, les scientifiques devraient prévoir le nombre d'animaux nécessaires. Ce nombre comprend les animaux qui seront utilisés pour tester le nouveau médicament et un groupe d'animaux qui auront les mêmes conditions de vie, mais qui ne recevront pas le médicament, appelé «groupe témoin». Le scientifique doit également réfléchir au nombre de fois où les animaux doivent être testés ou examinés. Par exemple, les animaux peuvent recevoir un médicament qui modifie leur fonction cardiaque, de sorte

### RÉDUCTION

L'un des principes des 3R, qui favorise l'utilisation du plus petit nombre d'animaux possible, tout en obtenant des informations de recherche précieuses.

## L'IMAGERIE

Création d'images de l'intérieur d'un corps vivant pour des analyses. Il s'agit notamment de techniques telles que les rayons X et les ultrasons.

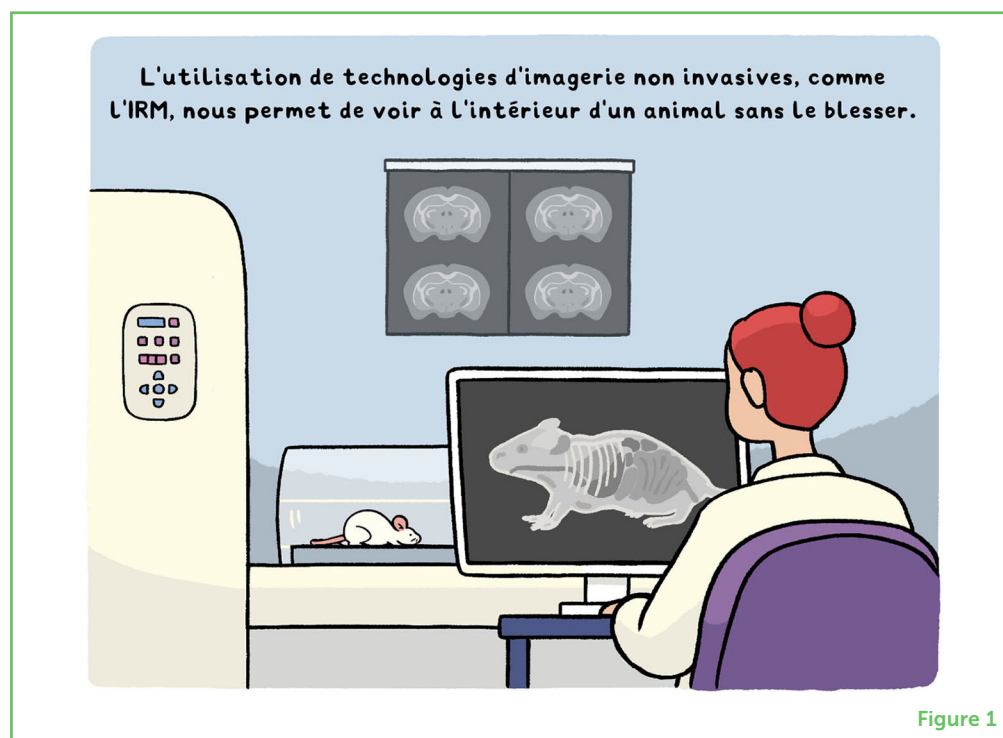
### Figure 1

Pendant l'imagerie, l'animal est anesthésié de sorte qu'il ne bouge pas et ne ressent pas de détresse. Les technologies d'imagerie nous permettent de regarder directement à l'intérieur du corps de l'animal, par exemple en examinant son squelette ou ses organes internes comme le cœur sans causer de dommages. Une fois que l'animal a été visualisé, il est étroitement surveillé pendant qu'il récupère de la session d'anesthésie, puis remis dans son logement pour animaux avec les autres animaux. La plupart des séances d'imagerie durent entre 15 et 30 minutes et les animaux se rétablissent bien après une courte anesthésie.

## ANESTHÉSIE

Se rapporte à l'utilisation de médicaments pour s'assurer que l'animal est inconscient et ne souffre pas pendant la procédure d'imagerie.

que le scientifique doive contrôler leur fréquence cardiaque toutes les heures, jours ou semaines, pour étudier les effets du médicament. Mais le scientifique pourrait également avoir besoin d'examiner le cœur directement, ce qui ne peut être fait qu'après que l'animal ait été euthanasié. Cela signifie que, si le scientifique souhaite étudier les animaux à plusieurs moments, cela entraînerait la mort de nombreux animaux. Pour éviter de tuer beaucoup d'animaux, il serait idéal de pouvoir visualiser les tissus et organes internes d'un animal vivant, sans lui causer de mal. La visualisation des structures internes d'un animal vivant permettrait aux scientifiques d'étudier comment les tissus de l'animal sont affectés par une maladie et si les lésions tissulaires s'améliorent avec de nouveaux médicaments. **L'imagerie** est une technique qui permet aux scientifiques de faire précisément cela, c'est-à-dire de regarder à l'intérieur du corps d'un animal vivant, sans lui nuire, pour étudier les organes et les fonctions de l'animal (Figure 1).



## L'IMAGERIE POUR RÉDUIRE L'UTILISATION D'ANIMAUX DE LABORATOIRE

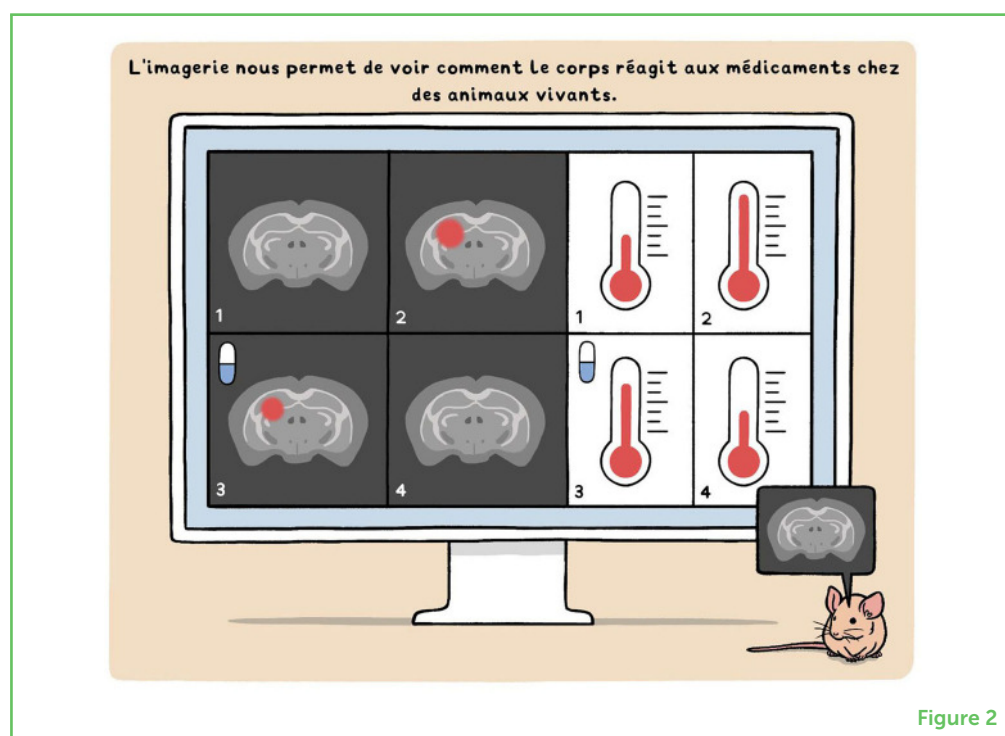
Les technologies d'imagerie non nocives, comme les rayons X ou les ultrasons, permettent aux scientifiques de visualiser le squelette d'animaux vivants, de voir leur cœur battre ou d'observer les fonctions de leur cerveau. Ainsi, les technologies d'imagerie aident les scientifiques à étudier comment le corps des animaux est affecté par les maladies et comment il réagit aux traitements en temps réel, sans avoir besoin de les blesser ou de les tuer [3].

## Figure 2

L'imagerie nous permet de voir comment les organes internes changent à mesure que les animaux grandissent ou lorsqu'ils sont traités avec un médicament. Par exemple, les animaux peuvent se sentir mal avec de la fièvre et des températures élevées qui provoquent également une inflammation dans des organes comme le cerveau. Nous pouvons mesurer la température corporelle de l'animal et voir comment différentes parties du corps sont affectées en regardant des images. Nous pourrions voir comment, par exemple, le cerveau serait affecté par la fièvre et comment l'inflammation du cerveau pourrait être traitée lorsque les animaux reçoivent des médicaments. De cette façon, l'imagerie nous permet de voir comment notre corps et nos tissus sont affectés par une maladie et comment les médicaments aident à guérir les organes malades. Et nous pouvons le faire sur un animal vivant, en temps réel et à différents moments, ce qui signifie que nous pouvons obtenir beaucoup d'informations à partir d'un seul animal et qu'il n'est pas nécessaire de tuer d'autres animaux pour prendre leurs organes internes. Cela nous permet de réduire le nombre d'animaux nécessaires à nos études.

L'imagerie est largement utilisée dans la recherche sur les animaux, en employant des équipements similaires à ceux utilisés pour les humains, mais adaptés à la petite taille des souris, des rats ou des poissons. Contrairement aux humains, les animaux sont généralement endormis par un **anesthésique** afin de ne pas bouger ou paniquer au moment d'être mis dans un environnement inconnu pour être analysés. Les technologies d'imagerie permettent aux scientifiques d'examiner la taille et la forme des organes d'un animal, de détecter la croissance d'une tumeur ou une fracture osseuse, par exemple. Cette technologie permet également aux scientifiques d'étudier le fonctionnement des organes, par exemple pour étudier les battements cardiaques d'un animal ou la circulation du sang au travers des vaisseaux pour transporter l'oxygène dans tout le corps. Les scientifiques peuvent également voir comment les cellules et les tissus d'un animal réagissent à une inflammation ou à une lésion (qui peut influencer sur la condition physique et la survie) en mesurant la quantité d'oxygène ou d'énergie que ces cellules ou tissus utilisent.

La capacité de prendre une image de la structure et de la fonction des organes internes aide les scientifiques à obtenir des informations plus détaillées à partir d'un seul animal, ce qui améliore la qualité de leurs études. L'imagerie aide également les scientifiques à comprendre le corps des animaux, ce qui les aide à détecter tout signe d'inconfort afin qu'ils puissent agir rapidement pour fournir aux animaux des soins de meilleure qualité. Cela contribue à améliorer leur bien-être (Figure 2).



## FONCTIONNEMENT DE L'IMAGERIE

Il existe plusieurs techniques d'imagerie couramment utilisées pour les animaux de laboratoire (Figure 3) [3, 4].

### Figure 3

Les animaux sont observés à l'aide de technologies semblables à celles utilisées chez les humains. Des techniques physiques et chimiques non nuisibles, telles que les rayons X, ou la détection de cellules qui peuvent émettre de la lumière ou la mesure de la progression des ondes de mouvement à l'intérieur des corps sont utilisées pour, par exemple, examiner notre squelette, vérifier comment les cellules peuvent se développer à l'intérieur du corps ou comment notre sang se déplace à l'intérieur de notre corps avec les battements du cœur. Ces technologies sont non invasives et nous permettent d'étudier le fonctionnement des cellules et des tissus chez un animal vivant et, ce qui est important, la manière dont leur structure ou leur fonctionnement peut changer en raison de la maladie et leur façon de réagir aux médicaments. Voir cela dans un organisme vivant et en temps réel est très important pour étudier les maladies et la façon dont les traitements peuvent nous permettre de développer de nouveaux remèdes, sans blesser ou tuer les animaux.

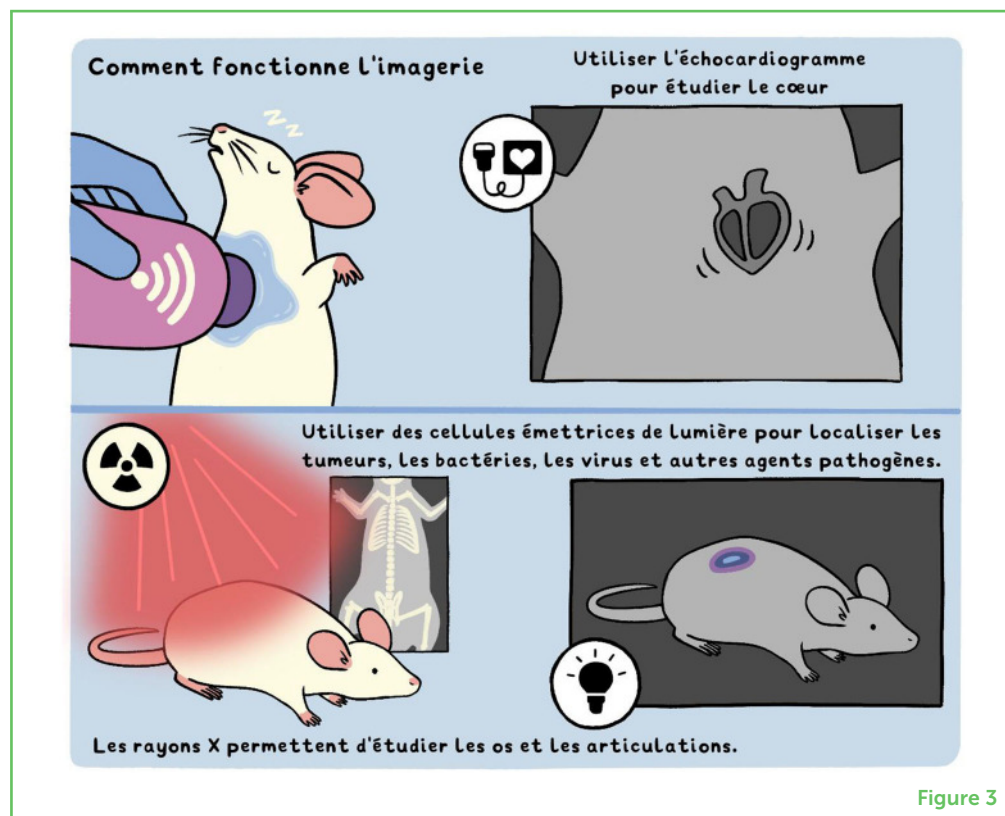


Figure 3

L'une des méthodes les plus utilisées est la tomographie par ordinateur, qui produit des images à rayons X en 3D de tissus solides comme les os, permettant aux scientifiques d'étudier leur structure. Cette méthode est très utile pour étudier les fractures osseuses ou les modifications du squelette.

L'imagerie par résonance magnétique (IRM) cartographie les molécules d'eau dans les tissus pour créer des images des organes internes mous tels que le cœur, le cerveau, le foie ou les intestins. Cette technique est le plus souvent utilisée pour analyser le système nerveux, en particulier le cerveau et la moelle épinière.

L'imagerie nucléaire détecte le rayonnement émis par de petites molécules radioactives injectées dans le corps, pour analyser la fonction des organes internes. En général, ces traceurs sont des molécules chimiquement similaires au glucose, qui est la principale source d'énergie pour le corps. On peut visualiser la rapidité avec laquelle ces traceurs sont ensuite absorbés par les cellules cancéreuses et/ou les cellules inflammatoires à l'intérieur du corps de l'animal. Cela permet aux scientifiques d'identifier l'emplacement des cellules malades.

L'imagerie optique utilise la lumière pour détecter des cellules capables d'émettre de la lumière dans le corps d'animaux. Ceci est fondé sur la capacité d'organismes, comme les lucioles, à produire de la lumière dans leurs abdomens grâce à une réaction chimique contrôlée. En utilisant la même réaction chimique, les cellules animales peuvent être modifiées pour émettre une lumière visible, ce qui permet aux scientifiques d'identifier leurs emplacements à l'intérieur du corps de l'animal. La détection de ces cellules luminescentes est utile pour étudier la croissance cellulaire et la consommation d'énergie, par exemple dans les cellules cancéreuses.

Les ultrasons utilisent des ondes sonores à haute fréquence produites par le mouvement des organes, comme les ondes sonores produites par le battement du cœur. Ces ondes sonores traversent le corps de l'animal, sont recueillies et transformées en une image animée. Cette technique d'imagerie est couramment utilisée pour étudier la fonction cardiaque.

Avant une étude d'imagerie, les chercheurs doivent confirmer le nombre total de fois qu'un animal sera observé et anesthésié. Seul un nombre limité de séances d'imagerie par animal est autorisé (généralement une à trois séances), et les chercheurs doivent surveiller la santé et le bien-être des animaux pendant toute l'étude.

## CONCLUSIONS

L'imagerie a considérablement amélioré les études sur les animaux, permettant aux scientifiques de surveiller la progression de maladies en temps réel et d'étudier les réponses des animaux aux médicaments [4] sans leur causer de mal. L'imagerie permet aux scientifiques d'obtenir des informations détaillées sur l'anatomie et les fonctions du corps des animaux pour accéder à leurs organes internes sans les tuer. Il s'agit d'une étape importante pour la réduction du nombre d'animaux utilisés dans la recherche. L'imagerie aide surtout les scientifiques à mieux comprendre les fonctions corporelles d'un animal et la manière dont elles peuvent être affectées par des procédures expérimentales. Cela permet aux scientifiques de détecter des signes précoces de maladie ou de souffrance qui pourraient causer une détresse supplémentaire auprès des animaux. L'identification précoce de ces effets permet aux scientifiques de prendre des mesures immédiates pour améliorer les soins et le bien-être des animaux et pour prévenir ou minimiser la souffrance (par exemple, en donnant des analgésiques ou des aliments plus nutritifs). Dans l'ensemble, l'imagerie contribue directement au bien-être des animaux et améliore la recherche scientifique en réduisant le nombre d'animaux de laboratoire utilisés, un élément clé du principe des 3R.

## RÉFÉRENCES

1. National Research Council (US) and Institute of Medicine (US) Committee on the Use of Laboratory Animals in Biomedical and Behavioral Research. 1988. *Use of Laboratory Animals in Biomedical and Behavioral Research. Benefits Derived from the Use of Animals*. (Washington, DC: National Academies Press). p. 3. Available online at: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK218274/> (accessed September 12, 2022).
2. Russell, W., and Burch R. 1959. *The Principles of Humane Experimental Technique*. Wheathampstead: Universities Federation for Animal Welfare.
3. Tremoleda, J. L., and Sosabowski, J. 2015. Imaging technologies and basic considerations for welfare of laboratory rodents. *Lab. Anim.* 44:97–105. doi: 10.1038/labani.665
4. Lauber, D. T., Fülöp, A., Kovács, T., Szigeti, K., Máthé, D., Szijártó, A. 2017. State of the art *in vivo* imaging techniques for laboratory animals. *Lab Anim.* 51:465–478. doi: 10.1177/0023677217695852

**ÉDITEUR:** Robert T. Knight

**MENTORS SCIENTIFIQUES:** Christopher R. Cederroth

**CITATION:** Tremoleda JL (2023) Réduction du Nombre D'animaux de Laboratoire: Comment Les Technologies D'imagerie Peuvent Aider. *Front. Young Minds*. doi: 10.3389/frym.2022.953662-fr

**TRADUIT ET ADAPTÉ DEPUIS:** Tremoleda JL (2022) Reducing the Number of Research Animals: How Imaging Technologies Can Help.. *Front. Young Minds* 10:953662. doi: 10.3389/frym.2022.953662

**CONFLIT D'INTÉRÊTS:** Les auteurs déclarent que ces travaux de recherche ont été menés en l'absence de toute relation commerciale ou financière pouvant être interprétée comme un potentiel conflit d'intérêts.

**COPYRIGHT** © 2022 © 2023 Tremoleda. Cet article en libre accès est distribué conformément aux conditions de la licence [Creative Commons Attribution \(CC BY\)](#). L'utilisation, la distribution ou la reproduction dans d'autres forums est autorisée, à condition que l'auteur ou les auteurs d'origine et le ou les détenteurs du droit d'auteur soient crédités et que la publication originale dans ce journal soit citée, conformément aux pratiques académiques acceptées. Toute utilisation, distribution ou reproduction non conforme à ces conditions est interdite.

## JEUNES EXAMINATEURS

### INTERNATIONAL SCHOOL OF LAUSANNE, ÂGE: 11–12

L'ISL est une école anglophone indépendante, à but non lucratif, enseignant le Baccalauréat International (IB). Présente à Lausanne depuis 1962, elle atteint un effectif d'environ 1000 élèves, âgés de 3 à 18 ans et provenant de plus de 60 pays. L'ISL promeut des valeurs telles que la capacité à penser par soi-même ou celle de





coopérer au-delà des différences culturelles; ces idées forment le cœur même d'une approche progressiste de l'apprentissage.

## AUTEUR



### JORDI L. TREMOLEDA

Jordi L. Tremoleda est un vétérinaire qui travaille avec des animaux utilisés en laboratoire pour la recherche. Il est responsable de la santé, des soins et du bien-être des animaux et, surtout, il veille à ce que les expériences respectent toutes les exigences éthiques et légales. Jordi est professeur associé à l'université Queen Mary de Londres, au Royaume-Uni, où il enseigne le bien-être et l'éthique des animaux. Il a acquis de l'expérience en imagerie animale à l'Imperial College de Londres; il est titulaire d'un doctorat de l'université d'Utrecht, d'un master en bioéthique et droit de l'université de Barcelone et d'un diplôme de médecine vétérinaire de l'Universitat Autònoma de Barcelone. \*[j.lopez-tremoleda@qmul.ac.uk](mailto:j.lopez-tremoleda@qmul.ac.uk)

### French version provided by

Version Française fournie par

