



Vincent LAUDET dirige l'Institut de génomique fonctionnelle de Lyon (Université de Lyon/CNRS/ENS Lyon)

Photo Vincent Mancorgé



Mais ce raisonnement ne fonctionne que s'il existe une relation linéaire entre dose et effet. Or peu de signaux hormonaux naturels ont des réponses linéaires. On trouve souvent des plateaux, voire des inversions et des inhibitions de réponses à des doses croissantes. Ainsi, si le mode d'action de la molécule étudiée est complexe, avec des effets plus forts observés aux doses faibles, le raisonnement de la toxicologie classique s'écroule. Or sur le bisphénol A et d'autres perturbateurs endocriniens, nombre d'études contestent la relation linéaire entre dose et effet. Une part de l'explication pour le bisphénol A est qu'il agit *via* au moins deux récepteurs : les récepteurs des œstrogènes ER, qu'il active à des concentrations de 0,2 millimole par litre, et le récepteur ERR γ , qu'il stimule à des concentrations 40 fois inférieures. Si un effet du bisphénol A est activé par ERR γ et réprimé par les ER, il sera plus fort à des concentrations faibles. On n'observera pas d'effet à 50 μ g/kg/j, mais à des concentrations 10 ou 100 fois plus faibles.

Pourquoi l'Efsa ne prend-elle pas ces données en compte ? Parce qu'elle ne retient que les publications suivant des procédures strictes, notamment pour le nombre d'animaux utilisés. L'évaluation complète, selon les critères de l'Efsa, des effets du bisphénol A sur les rongeurs nécessite des milliers d'ani-

maux, ce que peu de laboratoires peuvent financer. Ce faisant, l'Efsa a écarté la plupart des études suggérant que les effets du bisphénol A sont plus nombreux et plus préoccupants qu'on ne le pensait.

L'Anses donne un avis différent de l'Efsa parce que certaines études, notamment celles suggérant un effet à des doses faibles sur le cancer mammaire chez la souris, ont été jugées assez préoccupantes pour justifier une alerte. D'ailleurs, l'Efsa a aussi jugé inquiétantes des données et proposé une réduction de la dose journalière tolérable de BPA.

L'avis de l'Efsa semble néanmoins très décalé par rapport aux avancées scientifiques récentes. En restant dans le cadre de la toxicologie classique, en collant de façon trop stricte à la robustesse des études retenues, elle prend le risque de passer à côté d'effets néfastes sur la santé. On peut penser que c'est sans importance puisque, le bisphénol A étant interdit en France, il sera vite retiré du marché. L'exposition baissera donc et le risque diminuera. Toutefois, il sera remplacé par des substituts tel le bisphénol F qui, comme lui, polymérise facilement, mais dont les effets sont mal connus. Si des inquiétudes se font jour sur le bisphénol F et que des mesures de précaution sont demandées, les industriels auront beau jeu de dire que le bisphénol A a été interdit alors que le risque était faible,

voire inexistant, et qu'il ne faut donc pas faire de même pour le bisphénol F. L'avis de l'Efsa constitue donc un inquiétant précédent.

Cette situation soulève aussi le problème du financement de ces recherches. Peu d'études financées sur fonds publics atteignent les critères de robustesse exigés par les agences comme l'Efsa ou l'Anses, car ces études sont au moins 30 % plus chères que les études classiques. Ainsi, celles financées par l'industrie chimique sont plus souvent retenues alors même que beaucoup, notamment sur le bisphénol A, sont critiquables sur les situations contrôles, sans bisphénol A, qu'elles utilisent comme témoins dans leurs expériences. Or la pollution au bisphénol A est telle qu'il existe une contamination atmosphérique ubiquitaire qui empêche d'avoir de réels contrôles sans bisphénol A, ce qui rend difficile l'étude des doses faibles.

Il est donc urgent que les pouvoirs publics reprennent ce dossier et financent des études indépendantes exploitables par les experts des agences de façon que tout le spectre d'effets et de modes d'action des polluants environnementaux soit pris en compte. ■



Réagissez au
Point de vue sur
www.pourlascience.fr

ENTRETIEN

« Si mon blog donne envie de lire un livre de science, c'est gagné ! »

Rencontre avec la célèbre blogueuse et auteure de BD Marion MONTAIGNE, qui nous raconte son travail avec les chercheurs et son envie de diffuser le savoir scientifique avec humour.



Marion MONTAIGNE est l'auteure du blog BD « Tu mourras moins bête » [tumourrasmoinsbete.blogspot.fr].

© Ingrid Leroy/Pour la Science

Le professeur Tournesol, Philip Mortimer, le savant Cosinus... La bande dessinée a toujours eu un lien privilégié avec la science à travers des personnages de savants qui ont ravi des générations de lecteurs. Le neuvième art est même devenu un support pédagogique efficace pour diffuser la science, avec des ouvrages tels que *Logicomix* (A. Doxiadis et al., 2012), qui évoque l'histoire moderne de la logique, ou *Feynman* (J. Ottaviani et L. Myrick, 2012), biographie du célèbre prix Nobel de physique. Ces dernières années, un nouveau support pour la BD est apparu, le blog. Comme d'autres, Marion MONTAIGNE s'en est emparée afin de partager avec un large public son intérêt pour les sciences. Ses billets de blog sont aussi à découvrir en livres (*Tu mourras moins bête*, Ankama, 2011 et 2012, Delcourt, 2014).

POUR LA SCIENCE

De quand date votre intérêt pour la science ?

MARION MONTAIGNE : Au collège, j'adorais la biologie. En classe, nous avions des vivariums avec des insectes. Nous disséquions des grenouilles et nous pouvions voir ce qu'il y avait dedans. C'était du concret. On ne pouvait pas nous raconter des

histoires. Malgré cet intérêt pour la biologie, je me suis orientée vers des études d'art. J'ai fait une préparation à l'Atelier de Sèvres, puis j'ai été à l'École Estienne en section Métiers du livre et je suis entrée à l'École Gobelins pour apprendre l'animation. À Estienne, il existe une formation pour faire de l'illustration scientifique, mais je n'étais ni assez méticuleuse ni assez patiente pour dessiner exactement le bon nombre de côtes d'un squelette ! Je n'avais pourtant pas abandonné ma passion pour la science. Ce doit être un truc d'anxieux : avec la science, j'ai les réponses à mes questions.

PLS

Comment l'idée du blog *Tu mourras moins bête* vous est-elle venue ?

M. M. : Je lisais beaucoup, mais je ne savais pas comment concilier ma passion pour les sciences et mon métier d'illustratrice. À côté de ça, un nouveau support se développait pour les dessinateurs de bande dessinée, les blogs, que chacun peut remplir avec du texte, des photos ou des dessins. Beaucoup de dessinateurs mettaient en scène leur quotidien. Je n'avais pas envie de raconter ma vie et c'est là que l'idée de parler de science est venue : mon blog est né en 2008. Et je ne suis pas la seule à utiliser le dessin pour parler de

science ; Jean-Yves Duhoo, par exemple, dessine ses visites de laboratoire dans la revue *Spirou*. À travers chaque billet, j'essaie de transmettre mon émerveillement à la découverte d'un sujet. Aujourd'hui, on nous demande d'être productifs, efficaces. Malgré ces contraintes, la recherche garde une part de magie. Rien ne m'émerveille plus que ce que font les chercheurs au quotidien.

PLS

Comment se déroule la genèse d'un billet ?

M. M. : Au gré de mes lectures, je vois un sujet dans un magazine, dans l'actualité, dans un livre, je m'en empare. Je me documente et je lis d'autres textes sur le sujet. Les gags me viennent spontanément. La difficulté est ensuite de construire une histoire. Cela peut prendre plusieurs semaines. Pour donner du rythme à l'ensemble, l'idéal est d'avoir un gag par information scientifique.

PLS

Abordez-vous tous les domaines ? Y a-t-il des sujets plus difficiles à traiter que d'autres ?

M. M. : J'aime beaucoup la biologie et l'astrophysique. On retrouve donc beaucoup de billets sur ces sujets. La biologie, en particulier. C'est concret, ça parle aux gens. Tout le monde a des

problèmes de peau, d'acné, etc. Les maths et la physique, c'est plus difficile.

On me demande souvent de faire des mathématiques. J'aime bien mettre des formules, je trouve ça joli. Mais les mathématiques et la physique font souvent appel à des notions pas forcément connues de tous mes lecteurs. J'essaie de maintenir un niveau de connaissances équivalent à celui d'un lycéen. Alors, pour faire un billet de mécanique quantique, il faudrait d'abord rappeler ce qu'est un électron. L'introduction de mon billet serait lourde et difficile à rendre drôle.

Surtout, il ne faut pas oublier que les gens lisent le blog pour se détendre, glaner quelques informations scientifiques en s'amusant, avant d'aller travailler ou pendant des pauses au travail. Cela ne fonctionnerait pas si le billet devenait un cours de physique !

PLS

Quelles sont vos relations avec les chercheurs ? Les rencontrez-vous, par exemple, lors de visites de laboratoires ?

M. M. : J'ai effectivement eu plusieurs fois l'occasion de visiter des laboratoires. Les chercheurs qui m'accueillent sont souvent très enthousiastes. Ils connaissent mon travail et apprécient que je parle de leurs travaux sur mon blog. J'aime beaucoup ces visites. C'est l'envers du décor. La recherche, ce n'est pas juste des résultats publiés dans des articles, c'est surtout des expériences en tous genres. Et les chercheurs ont vraiment beaucoup d'imagination quand il s'agit de comprendre les animaux ou la nature.

La visite d'un laboratoire est aussi un moment privilégié d'échanges avec les chercheurs. C'est l'occasion pour eux de faire passer des messages, de lutter contre des idées toutes faites ou des stéréotypes. Par exemple, on dit souvent que les Japonais sont les plus forts en robotique. Les chercheurs de l'Institut des systèmes intelligents et de robotique, à Paris, vous diront qu'on est très performants en France. Et que Terminator, ce n'est vraiment pas pour demain...

Mais je ne peux pas souvent aller dans les laboratoires. Cela prend du temps. Et les chercheurs sont déjà très pris par leurs travaux, leurs expériences, l'enseignement et leurs



tâches administratives, en particulier pour trouver des financements.

PLS

Les chercheurs vous aident-ils pour vos billets ? En vérifient-ils le contenu ?

M. M. : Quand je visite un laboratoire, oui, en général, je leur envoie le billet. Dans les autres cas, ça dépend. Lors d'une dédicace, j'ai rencontré un astrophysicien avec qui je suis restée en contact et à qui je pose des questions quand le sujet porte sur son domaine. En biologie, je connais un médecin urgentiste que je consulte régulièrement.

Mais faire relire, c'est toujours un peu compliqué. Il faut trouver le juste équilibre entre exactitude et concision. C'est très difficile d'être concis et drôle quand on me demande de remplacer « cerveau » par « cortex préfrontal », qui aurait été plus exact. Le lecteur a juste besoin de savoir que l'action se passe dans le cerveau pour comprendre l'idée, même si cela reste vague. En général, cela se passe bien. Mes relecteurs comprennent l'équilibre que j'essaie de garder dans mes billets.

PLS

Les chercheurs connaissent votre blog, mais votre public est beaucoup plus vaste. Qui est-il ?

M. M. : Parmi mes lecteurs, on trouve beaucoup de trentenaires, des gens de mon âge. Probablement

■ À ÉCOUTER

Le jeudi 26 février 2015, de 14h à 15h, Marion Montaigne reviendra sur les blogs BD scientifiques dans la partie *Actualités* de l'émission *La marche des sciences* sur France Culture. www.franceculture.com

En 1928, Dirac publia une équation permettant de faire le lien entre la relativité et la mécanique quantique ! Cela lui valut le prix Nobel en 1933... qu'il alla chercher en compagnie de sa mère, tant il était timide.



parce que dans le premier tome du blog en livre, j'ai utilisé de nombreuses références tirées de films des années 1990, des clins d'œil qui parlent surtout à ces trentenaires. Mais ils ne sont pas les seuls à venir lire les aventures du professeur Moustache. Des jeunes visitent le blog soit parce que leurs parents le lisent, soit parce que des enseignants utilisent mes dessins en cours.

Les lecteurs n'ont pas tous une formation scientifique, bien au contraire. Mais ils sont curieux et veulent tous apprendre des choses de façon ludique. Le blog répond à cette attente. Les billets qui ont eu le plus de succès sont ceux qui touchent au quotidien. « Pourquoi les filles ne veulent pas toucher la lunette des toilettes ? » est un bon exemple. Chacun de nous se pose la question, mais personne n'ose demander. Pourtant, tout le monde ira lire la réponse sur le blog. On me reproche un peu mon humour scatologique, mais ce doit être un effet d'attraction-répulsion, car ce sont les sujets qui marchent. Et si je parle de sexe, alors là...

D'autres réactions sont parfois étonnantes. Certains m'écrivent pour se plaindre que le blog se veut « scientifique », mais qu'il est complètement « fantaisiste ». Pourtant, vu les dessins, je ne pense tromper personne sur le contenu du blog. Les lecteurs semblent réclamer une restitution parfaite de la science. Cela deviendrait alors trop compliqué. Un doctorant que j'ai rencontré m'a dit que « simplifier, c'est déjà être dans le faux ». Vulgariser la science est un exercice difficile, il faut savoir placer le curseur au bon endroit.

PLS

Que pensez-vous de la vulgarisation scientifique en France ? On parle souvent de désaffection pour la science. Or votre blog semble prouver le contraire...

M. M. : Pour moi, la vulgarisation scientifique est une histoire de strates. Mon blog est au niveau de ce qu'un lycéen apprend en cours. Il est séparé du niveau des spécialistes par un grand nombre de strates qu'il s'agit de graver par différents moyens. Si mon blog donne envie à quelqu'un de lire un livre de science pour approfondir un sujet, c'est gagné ! C'est pour cette raison que je donne beaucoup de références bibliographiques dans le blog.

Les acteurs plus classiques de la diffusion de la science sont les journalistes scientifiques

« Rien ne m'émerveille plus que ce que font les chercheurs au quotidien. »

et les chercheurs. Une chose qui me surprend est la différence de traitement de la science à la télévision en France et en Angleterre. La BBC, par exemple, fait de très bons documentaires scientifiques. En France, c'est plus rare et les émissions scientifiques sont souvent destinées aux enfants. L'émission *On n'est*

pas que des cobayes sur France 5 invite des chercheurs pour faire des expériences. Elle est bien faite et montre que les scientifiques ne sont pas tous de vieux messieurs en blouse blanche. Elle donne envie aux enfants d'être curieux, voire suscite des vocations chez eux. C'est dommage de ne pas avoir d'équivalent pour les adultes.

PLS

Et les chercheurs, justement, que pensez-vous de leur rôle dans la vulgarisation ?

M. M. : J'ai l'impression qu'à une époque, c'était mal vu de faire de la vulgarisation pour un chercheur. Peut-être qu'aujourd'hui encore, si l'on ne voit pas beaucoup de chercheurs à la télévision, c'est parce qu'il y a une certaine réticence à parler de son travail sur ce média. En 2014, j'ai été invitée à une conférence au Québec de l'Association francophone pour le savoir, qui portait sur la diffusion de la connaissance.

Une des conclusions était que les scientifiques ne communiquent pas assez sur leur métier, leurs recherches ou leurs découvertes. Les jeunes chercheurs que je rencontre ont envie de partager leur savoir, d'expliquer les choses. Certains le font d'ailleurs très bien. Mais comme je le disais, ils manquent de temps pour assurer à la fois leurs travaux de recherche, leurs enseignements et les tâches administratives. C'est souvent leur investissement dans la diffusion du savoir qui en pâtit.

PLS

Ainsi, votre blog comble peut-être un vide ?

M. M. : Je ne sais pas s'il comble un vide, mais il répond à une attente claire : les gens veulent être émerveillés et apprendre en s'amusant.

Le phénomène est récent pour une raison principale : Internet. Sans cet outil, je n'aurais jamais pu établir le contact aussi simplement avec des chercheurs. Et c'est une mine d'informations quasi illimitée dans laquelle les dessinateurs peuvent puiser leurs idées. ■

Propos recueillis par Sean BAILLY et Marie-Neige CORDONNIER



Quelles zébrures pour le zèbre ?

par Jean-Louis Hartenberger, sur *Histoires de mammifères*

Chez les zèbres, il n'y a pas que 50 nuances de gris. Si le noir et le blanc suffisent à construire une identité pour chacun, cela ne donne pas lieu à 50, mais à des myriades de robes différentes. Par la largeur des rayures, de leurs arabesques et contours, des pleins et déliés qu'elles dessinent, de la densité des diverticules parfois sinueux des raies, cet uniforme est loin de l'être. Alors pourquoi est-il des zèbres plus clairs que d'autres (à moins que ce ne soit l'inverse) ? Parfois ce sont leurs pattes qui sont plus claires, mais la robe de l'échine peut aussi être plus ou moins sombre.

Ces questions ne datent pas d'hier. À l'issue de longues études sur les populations de zèbres de plaine que l'on rencontre depuis le Cap jusqu'en Afrique centrale, dans des environnements variés, une équipe dirigée par Brenda Larison, de l'Université de Californie à Los Angeles, vient de rendre son verdict. Ce ne sont pas encore des certitudes, mais il semble que les raies du zèbre participent à sa régulation thermique, et que leur largeur varie en fonction du climat où l'animal vit.

Reconnaissons d'abord que la robe du zèbre a du chic. Mais aussi seyant soit-il, un costume doit être pratique, de bon usage, et surtout bien adapté à l'environnement fréquenté. Pour les zèbres, c'est d'abord le décor végétal où ils vivent et doivent se fondre, car ils ne sont pas les seuls à courir la savane. Il y a tous ceux qui aimeraient bien les croquer, et aussi ces nuées d'insectes piqueurs gourmands de leur sang. Alors ces rayures noires et blanches sont-elles une tenue de camouflage qui permet de se fondre dans le paysage autant qu'elle dérouté prédateurs grands et petits ?

Quand on se pose ce genre de question, on a une petite idée derrière la tête.



La robe des zèbres présente de riches variations. Elles seraient corrélées avec la température de la région où ils vivent.

Et depuis longtemps déjà, on a remarqué que les variations de la robe du zèbre dans les espaces qu'il parcourt sont graduelles du Sud au Nord. Les rayures des populations qui vivent près du Cap sont moins marquées. Elles gagnent en densité à mesure que l'on se rapproche de l'équateur. On soupçonne donc une grande influence de la température.

Cependant, d'autres données environnementales varient elles aussi du Sud au Nord. Aussi les chercheurs ont-ils réalisé des simulations qui prennent en compte dans 29 sites la température locale et d'autres paramètres : pression de prédation exercée par les lions, densité des insectes piqueurs, en particulier la mouche tsé-tsé, épaisseur du couvert végétal, etc.

Il s'avère que les plus pertinentes pour rendre compte des observations sont la température locale moyenne et autres données thermiques. Cela semble indiquer que les raies plus ou moins denses du zèbre lui permettent de maintenir la surface de son corps à une température

d'environ 29,2 °C, alors que dans les mêmes conditions, chez les autres herbivores, la température s'élève à 35,5 °C.

Il s'agit là de résultats préliminaires : il faudra les compléter par des études plus précises sur la physiologie de la thermorégulation du zèbre, en particulier tester si les raies du pelage et les réseaux sanguins capillaires du derme se superposent, et quel mode de ventilation rafraîchit l'animal.

Il semble par ailleurs que courir en plein soleil dope l'énergie et la vigueur de ces champions du galop en habit de soirée. Quel est le secret de ces coureurs à pied ? ■



Jean-Louis HARTENBERGER, paléontologue spécialiste de mammifères, est l'auteur du blog *Histoires de mammifères* (www.scilogs.fr/histoires-de-mammiferes/).



Retrouvez tous nos blogueurs sur www.scilogs.fr et suivez-les sur les réseaux sociaux.

HOMO SAPIENS INFORMATICUS chronique de Gilles Dowek

Aplatir ou applatir ?

Avec le Web et les moteurs de recherche, tout un chacun pourrait faire des mesures lexicographiques. L'apprentissage de l'orthographe en bénéficierait.



Les enfants apprennent dans les dictionnaires que l'amphitryon prodigue des *cuisseaux* de veau mais des *cuissots* de chevreuil. Ils s'interrogent parfois sur les raisons d'être de telles particularités orthographiques. Les lexicographes, qui écrivent ces dictionnaires, avancent d'ordinaire deux types de raisons, les unes liées au passé de la langue, les autres à son présent.

Raisons liées au passé : les dictionnaires perpétuent une tradition et rappellent, par l'orthographe, l'étymologie des mots. Ainsi, contrairement à l'italien qui écrit *farmacia*, le français écrit *pharmacie*, parce que ce mot s'écrivait ainsi par le passé et pour rappeler qu'il vient du grec *φάρμακον*.

Raisons liées au présent : les dictionnaires ne font que décrire l'orthographe la plus courante des mots – ils indiquent l'orthographe *pharmacie*, et non *farmacie*, parce que c'est ainsi que nous écrivons habituellement ce mot.

Les raisons liées à l'histoire de la langue sont difficiles à soutenir, car, loin d'être des bastions de conservatisme, les dictionnaires évoluent très rapidement, pour suivre les transformations de la langue. Si le mot *dictionnaire*, par exemple, prend deux *n*, ce n'est sans doute pas par respect de la tradition, puisque le latin médiéval *dictio-narium* n'en prenait qu'un seul.

De ce fait, on présente souvent les dictionnaires comme étant d'abord des descriptions de l'état de la langue telle qu'elle

est utilisée. Le *Petit Robert* se considère ainsi comme un « observateur objectif » de la langue. Si la lexicographie est, à l'instar de l'astronomie, une science d'observation, nous devons alors nous poser la question du meilleur instrument à utiliser pour observer objectivement la langue.

La récente constitution du plus grand corpus de l'histoire, le Web, et la mise à disposition de tous d'outils permettant de le sonder changent la situation, car la lexicographie peut désormais s'automatiser, au moins partiellement.

Le Web et les outils permettant de le sonder changent la situation : la lexicographie peut désormais s'automatiser.

Selon les dictionnaires, les verbes *apostropher*, *aplanir*, etc. prennent un seul *p*. Comme attendu, le moteur de recherche *Google* nous apprend que seulement 1 % des occurrences de *apostropher*, dans les pages web en français, comportent deux *p*, et ce taux reste faible pour *aplanir*, *apercevoir* et *apaiser*. Mais il est de 7 % pour *apitoyer*, de 8 % pour *apeurer* et de plus de 10 % pour *aplatir*.

On peut en déduire que 10 % des utilisateurs du verbe *aplatir* se trompent, ou alors que les dictionnaires se trompent quand ils affirment que ce verbe n'a qu'une orthographe courante. Pour comparaison, le *Petit Robert*

donne deux orthographe pour le mot *chariot*, mais moins de 3 % des occurrences du mot *chariot* sur le Web comportent deux *r*.

Pour interpréter ces mesures, il faut se rappeler que les théories sur le comportement humain modifient souvent ce comportement. En particulier, de nombreux scripteurs utilisent un dictionnaire ou un correcteur orthographique, qui influe sur leur orthographe. Si, par exemple, la moitié des scripteurs se servent d'un correcteur orthographique, il s'ensuit que plus de 20 % de ceux qui n'en utilisent pas écrivent *aplatir* avec deux *p*. Il serait d'ailleurs intéressant d'observer l'évolution de ces mesures, si jamais les dictionnaires et les correcteurs orthographiques admettaient demain deux orthographe pour le verbe *aplatir*.

Cette popularisation de la lexicographie suggère aussi de nouvelles façons d'enseigner l'orthographe. Quand un élève demande à son professeur quelle est l'orthographe correcte, c'est-à-dire la plus courante, d'un mot, l'enseignant, au lieu d'une réponse dogmatique, pourrait, avec l'humilité d'un professeur de sciences, lui proposer de faire lui-même la mesure. L'apprentissage de l'orthographe étant la matrice de beaucoup d'apprentissages futurs, c'est tout notre rapport à la connaissance qui en serait changé. ■

Gilles DOWEK est chercheur à l'Inria et membre du conseil scientifique de la Société informatique de France.