

L'ultime alerte des scientifiques

LA BIODIVERSITÉ EN PÉRIL



M 04219 - 32H - F: 6,90 € - RD



D 8,60 € - BEL 7,90 € - ESP 7,60 € - GR 7,60 € - ITA 7,60 € - LUX 7,60 € - PORT CONT 7,60 € - CH 13,80 FS - TUN 7,40 TND
MAR 69 DH - CAN 10,99 \$ CAN - DOM 7,60 € - TOM SURFACE 1000 XPF - TOM AVION 1720 XPF

Sommaire

LA BIODIVERSITÉ EN PÉRIL Numéro spécial n°32 décembre 2019-février 2020

3 ÉDITO

6 ENTRETIEN AVEC GILLES BOEUF

«S'il manque un maillon, toute une chaîne du vivant peut s'arrêter»

Propos recueillis par Marie-Laure Théodule

12 Les fondements

14 ENTRETIEN AVEC VIRGINIE MARIS

«L'immense diversité du vivant invite à penser sa préservation»

Propos recueillis par Nicolas Chevassus-au-Louis

18 L'Amazonie, jardin des Amérindiens

Jean-François Molino avec Mickaël Mestre et Guillaume Odonne

24 ENTRETIEN AVEC GILLES ESCARGUEL

«L'homme change la règle du jeu»

Propos recueillis par Bérénice Robert

26 Ensemble pour le meilleur et pour le pire

Bérénice Robert

31 ENTRETIEN AVEC ÉRIC KARSENTI

«Tara révèle la diversité du plancton»

Propos recueillis par Bérénice Robert

34 INFOGRAPHIE

Le grand inventaire des arbres de la planète

Cécile Klingler et Hervé Bouilly

36 Les menaces

38 L'effondrement des espèces s'accélère

Bérénice Robert et Agnès Vernet

41 INFOGRAPHIE Une menace globale

44 INFOGRAPHIE La planète sans singes?

Cécile Klingler et Hervé Bouilly

46 Envahisseurs à double tranchant

Alice Fournier

50 Avis de canicule sur l'élevage

Bérénice Robert

54 Déforestation climatique

Ivan Scotti

60 ENTRETIEN AVEC PHILIPPE CURY

«La reconquête des stocks de poissons est très lente»

Propos recueillis par Denis Delbecq

64 VERBATIM

La pêche massive affame les oiseaux marins

David Grémillet

66 ENTRETIEN AVEC SERGE PLANÉS

«Les récifs coralliens sont en état de stress»

Propos recueillis par Bérénice Robert

71 L'homme est un cancer pour l'animal

Bérénice Robert

74 La reconquête

76 Le défi des sanctuaires de biodiversité

Bérénice Robert

80 Comment façonner les plantes du futur

Johan Zicola

84 ENTRETIEN AVEC VINCENT BRETAGNOLLE

«Un meilleur rendement avec moins de pesticides»

Propos recueillis par Cécile Klingler

86 La diversité génétique fait la richesse du blé

Cécile Klingler

90 La variété des fleurs, un nectar pour les abeilles

Anne Debroise

92 Protéger la mer, une affaire de coopération

Olivier Laroussinie

94 À lire

98 ILS ONT PARTICIPÉ À CE NUMÉRO

OFFRE D'ABONNEMENT P.23

www.larecherche.fr

RECHERCHER

Les archives du magazine
Les sujets qui vous intéressent dans une base de plus de 20000 articles.

S'INFORMER

L'actualité de la recherche
Retrouvez les chroniques et l'agenda des manifestations.

ACHETER

Abonnement et vente d'anciens numéros
Livres sélectionnés par La Recherche
Les outils du chercheur.



La Recherche sur Twitter... Rejoignez-nous sur Twitter pour un éclairage original sur la science et les technologies.
<http://twitter.com/maglarecherche>

Les articles des pages 14, 18, 24, 26, 31, 34, 38, 44, 46, 50, 54, 60, 66, 71, 76, 80, 86 et 90 sont les versions revues et corrigées par leurs auteurs des articles publiés dans La Recherche n°s 470, 527, 549, 521, 507, 535, 533, 537, 501, 503, 477, 534, 548, 455 et 522.

GILLES BOEUF

Spécialiste de la biologie marine, Gilles Boeuf, qui a dirigé pendant sept ans le Muséum national d'histoire naturelle, est un ardent défenseur de la biodiversité. À l'heure où beaucoup d'espèces sont menacées, il pointe le rôle essentiel de l'homme dans la destruction de la chaîne du vivant. Mais aussi de sa reconquête.

« S'IL MANQUE UN MAILLON, TOUTE UNE CHAÎNE DU VIVANT PEUT S'ARRÊTER »

Propos recueillis par **Marie-Laure Théodule**

Son enfance se déroule face à la mer, dans la baie de Douarnenez, dans le Finistère, où sont venus s'installer ses parents, père ouvrier portugais et mère vendéenne, dont il a pris le nom. Rien ne le prédestine au monde scientifique sauf cet environnement magnifique. À 8 ans, il sait déjà qu'il sera chercheur en biologie. « *J'élevais tout : des grenouilles, des insectes, des vipères, des oiseaux...* » La suite a confirmé ses ambitions. Spécialiste de biologie marine, notamment des salmonidés, il passe vingt ans à l'Ifremer et dirige pendant six ans l'Observatoire océanologique de Banyuls-sur-Mer, dans les Pyrénées-Orientales. À partir de 2005, il s'intéresse de plus près à la biodiversité. Ce qui l'amènera à occuper la chaire Développement durable-environnement, énergie et société au Collège de France de 2013 à 2014. Depuis, au travers des nombreux postes à responsabilité qu'il a occupés, la préservation de la biodiversité ne l'a plus jamais lâché.

► Pour le biologiste Gilles Boeuf, il est impératif de préserver les écosystèmes dans leur ensemble, car « tout le vivant est interdépendant ».

La Recherche Quand le mot de biodiversité est-il apparu dans la littérature scientifique ?

Gilles Boeuf Le mot est forgé en 1985 par un biologiste américain, Walter Rosen. Il cherche alors un titre pour le premier forum américain sur la diversité biologique qui doit se dérouler en 1986, à Washington. Le mot est repris pour titrer l'ouvrage rédigé à l'issue du forum par l'entomologiste américain Edward Wilson, l'un des pionniers de la préservation des espèces et de l'environnement. Au début, cette formulation ne plaît guère à Edward Wilson qui la juge trop américaine, trop « clinquante ». Il finit par s'y résigner. Toutefois, il faut encore attendre le Sommet de la Terre de Rio de Janeiro, en 1992, pour que le mot soit vraiment popularisé. C'est là qu'est signée la première convention sur la diversité biologique, marquant une prise de conscience internationale des menaces qui pèsent sur le vivant. ...



SES DATES

1950 Il naît à Paimbœuf.
 1987 Il obtient un doctorat d'État en sciences naturelles à l'université de Brest.
 1999 Il est professeur de physiologie à l'université Paris 6.
 2009 Il devient président du Muséum national d'histoire naturelle, à Paris.
 2013 Il est nommé professeur invité au Collège de France et reçoit la Grande Médaille Albert 1^{er} et la Légion d'honneur.
 2015 Il est conseiller scientifique au cabinet de Ségolène Royal, ministre de l'Écologie.
 2017 Il préside le conseil scientifique de l'Agence française pour la biodiversité.

... Vous qui êtes devenu un spécialiste de la biodiversité, comment la définiriez-vous?

Elle ne représente pas seulement la diversité de toutes les formes du vivant, comme on a trop souvent tendance à le penser, elle recouvre toutes les relations que ces formes établissent entre elles et avec leur environnement, y compris les bactéries et les organismes eucaryotes unicellulaires, les protistes. C'est toute la partie vivante de la nature et le dialogue qu'elle entretient en permanence avec sa partie minérale. Il ne faut pas oublier que, depuis que la vie est apparue sur Terre, il y a environ 3,5 milliards d'années, elle a modifié profondément l'environnement minéral antérieur qui lui avait donné naissance.

Toutes les relations entre les espèces et avec leur environnement sont donc primordiales?

Absolument toutes, et non seulement entre espèces mais aussi entre populations et entre individus. Des travaux récents ont montré qu'il existe un dialogue moléculaire constant et nécessaire entre un hôte et les micro-organismes – bactéries, protistes – qu'il héberge. L'être humain contient en lui, et sur lui, au moins autant de bactéries que de cellules qui lui sont nécessaires. On sait depuis peu que le microbiote intestinal, longtemps négligé par la médecine, joue un rôle fondamental : son altération est associée à des pathologies comme l'autisme, la maladie d'Alzheimer, le diabète de type 2, l'obésité. De même, l'expédition Tara Oceans (2009-2013) a révélé que les relations entre des microalgues étaient incroyablement plus proches de la symbiose et de l'entraide que de la compétition. Deux ouvrages majeurs –

Jamais seul, de Marc-André Selosse, et *Tous entrelacés*, d'Éric Bapteste – décrivent cette grande interdépendance entre les organismes, les bactéries, les protistes, jusqu'aux molécules. Plus on avance, plus on se rend compte que tout le vivant est interdépendant.

Que connaît-on de ces interactions?

C'est extrêmement complexe, mais nous commençons à mesurer combien toutes ces interactions sont fondamentales. S'il manque un maillon, toute une chaîne du vivant peut s'arrêter. Ainsi, le corail blanchit parce que, lorsqu'il est stressé, probablement en raison de l'acidification et du réchauffement des océans, il expulse les microalgues qui vivent en symbiose avec lui, les zooxanthelles. Sur le moment, ce n'est pas mortel. Mais cela l'affaiblit et, au-delà d'un certain seuil, il finit par mourir. Voilà un exemple d'interdépendance qui est connue mais on est loin de connaître toutes les interactions du vivant, vu que l'on ne connaît même pas toutes les espèces vivantes.

Précisément, quelle proportion des espèces vivantes connaissons-nous?

Selon une estimation statistique souvent citée parce qu'elle a fait l'objet d'une publication en 2011, mais controversée, émanant du Census of Marine Life (le programme international de recensement de la vie marine), notre planète compterait environ 8,7 millions d'espèces vivantes – dont seules 1,2 million, soit 14,1 % du total, sont répertoriées (1). Parmi elles, 6,5 millions évoluent sur la terre ferme et 2,2 millions en milieu aquatique. Ce dernier chiffre pourrait être revu à la hausse, car l'expédition Tara Oceans a découvert 600 000 espèces marines alors qu'on en avait identifié seulement 300 000. Le nombre total d'espèces animales est estimé à 7,77 millions, dont près de 1 million ont été décrites. Il y aurait près de 350 000 espèces végétales, dont 215 644 identifiées et classées. Les champignons sont moins bien connus : il en existerait 611 000 espèces, dont 43 271 ont été répertoriées. De même, 8 000 espèces d'organismes unicellulaires ont été classées sur un nombre total estimé à 36 400. Pour notre part, à partir des travaux du Muséum, nous estimons qu'il existe entre 10 et 20 millions d'espèces et que nous n'en connaissons que 2,2 millions. Au rythme des découvertes actuelles (de 16 000 à 18 000 nouvelles espèces par an), il nous faudrait 1 000 ans pour tout connaître!

Pourquoi cette biodiversité est-elle essentielle pour l'être humain?

Tout d'abord, nous ne mangeons que de la biodiversité. S'il n'y en a plus, nous ne mangerons pas des cristaux de quartz! Et notre corps coopère avec les micro-organismes vivants présents en lui, et sur lui,



▲ Dans certaines provinces de Chine, où les abeilles ont disparu, des paysannes les remplacent et pollinisent à la main les vergers.

et notre métabolisme dépend de toutes ces interactions. Ensuite, il y a les services rendus par les écosystèmes, par exemple la pollinisation. Si on la perdait, il n'y aurait plus ni fruits ni légumes. En Chine, dans des zones où les abeilles ont disparu, leur travail est exécuté à la main par des femmes. La valeur marchande de ce service rendu par les abeilles à l'humanité a été estimée à environ 200 milliards d'euros par an. Enfin, il y a les raisons éthiques. Pourquoi a-t-on tué la moitié des éléphants et des girafes en quarante ans? Et ce n'est qu'un bout émergé de l'iceberg par rapport à tout le reste.

La biodiversité est aussi essentielle à toutes les autres espèces...

Absolument. Si on prend le cas de l'éléphant, sa disparition provoquerait d'énormes perturbations parmi les arbres de la savane. En effet, les singes du genre *Chlorocebus* se nourrissent de graines qu'ils trouvent dans les défécations des éléphants. Ils en laissent une partie en terre, ce qui permet la repousse des arbres. Autre exemple, dans la réserve naturelle nationale de la forêt de la Massane, dans les Pyrénées-Orientales, que je préside, j'ai fait installer une centaine de vaches contre l'avis du ministère. Si on les enlevait, on perdrait environ 64 espèces de scarabées bousiers... Parmi les espèces menacées, il y a les *keystone species*, les « espèces clés de voûte » : si elles disparaissent, tout l'écosystème se dégrade très vite. C'est le cas d'une étoile de mer spécifique de la côte est américaine ou du castor : chacun joue un rôle clé dans l'équilibre de son écosystème. Ou encore de la loutre de mer qui fut beaucoup chassée dès le XVIII^e siècle pour sa fourrure dense et soyeuse. Elle a failli disparaître et, comme elle consomme beaucoup d'oursins, le nombre de ces derniers a explosé. Or les oursins se nourrissent

d'algues qui abritent de nombreux poissons et invertébrés, donc tout l'écosystème a été chamboulé. Dès qu'on a commencé à protéger la loutre de mer, en 1911 par un traité international, la densité des oursins a diminué et celle des algues a réaugmenté. Mais, aujourd'hui, la surpêche a amené les orques à chasser les loutres et l'équilibre de l'écosystème est à nouveau fragilisé. On le voit, les relations inter-espèces sont aussi essentielles que complexes.

En quoi la situation actuelle est-elle différente des grandes extinctions précédentes?

Les données de paléontologie indiquent qu'il y aurait eu sur notre planète environ 60 crises d'extinction depuis 600 millions d'années. Parmi elles, 5 ont été répertoriées comme massives. La plus grande, celle du Permien-Trias, il y a 252 millions d'années, aurait provoqué la disparition de 95 % des espèces marines et de 70 % des espèces terrestres. La cinquième a entraîné la disparition des dinosaures et des ammonites, il y a 65 millions d'années. Aujourd'hui, on se demande si on est en présence d'une sixième extinction de masse. Le mot extinction me gêne un peu : nous ne vivons pas à proprement parler une extinction, mais plutôt un effondrement du nombre d'individus de certaines populations qui, à terme, pourrait amener à une grande extinction. Mais, dans le passé, cela a pris du temps. La situation actuelle diffère des grandes extinctions du passé, à la fois parce qu'elle est provoquée par les activités humaines et que l'effondrement se produit à une vitesse extrêmement rapide. On assiste à une accélération inquiétante du nombre d'espèces qui sont touchées.

Vous pourriez donner quelques exemples de cet effondrement?

Les études récentes sont de plus en plus alarmantes. Selon le rapport de mai 2019 de l'IPBES (pour Plateforme intergouvernementale sur la biodiversité et les services écosystémiques), 1 million d'espèces animales et végétales sont menacées d'extinction dans les prochaines décennies (2). Je n'aurais pas formulé cela ainsi car la biodiversité n'est pas qu'une liste d'espèces et je préfère parler d'effondrement des écosystèmes. Mais c'est bien de tirer la ...

« Pourquoi a-t-on tué la moitié des éléphants et des girafes en quarante ans ? »



▲ Le Sommet de la Terre à Rio de Janeiro, en 1992, a marqué la première prise de conscience internationale des menaces qui pèsent sur le vivant.

••• sonnette d'alarme. Un article récent indique qu'en vingt-sept ans, plus de 75 % des insectes volants ont disparu en Allemagne (3). En France, l'étude faite par les équipes du CNRS à Chizé, dans les Deux-Sèvres, conclut à la disparition de 30 % des oiseaux sur certaines terres agricoles en quinze ans (lire p. 84). Le rapport de l'IPBES souligne aussi que 290 millions d'hectares de forêt primaire ont disparu entre 1990 et 2015. Ou que près de 85 % des zones humides ont disparu entre 1700 et 2000. Globalement, le coût de cette biodiversité qui disparaît est estimé entre 1 400 et 3 000 milliards d'euros par an.

Quelles sont les principales causes de cette perte de biodiversité ?

Elles sont multiples mais toutes rattachées à l'activité humaine. Il y a la destruction massive des écosystèmes avec l'agriculture intensive et l'urbanisation à outrance qui induit l'artificialisation des sols pour en faire des usines, des routes, des parkings, des immeubles. La France perd l'équivalent de la surface d'un département tous les sept ans. Et puis il y a la pollution qui est partout, même à des endroits inhabités comme les zones polaires. La pollution, ce n'est pas seulement le plastique dans l'océan, les pesticides et les insecticides, ce sont aussi les particules fines, les perturbateurs endocriniens, les métaux lourds, les déchets électroniques, etc. Ensuite vient le problème des espèces invasives – souvent introduites par l'homme – et envahissantes – dont la prolifération est favorisée par l'activité humaine. En mer des Caraïbes, les sargasses, des algues brunes, s'accumulent en millions de tonnes sur les plages, bloquent les ports et empoisonnent le littoral. Aux Açores, un nouveau venu, une sorte de gingembre de l'Himalaya, envahit les îles. À Tahiti, le miconia, arbre d'Amérique latine surnommé le cancer vert, menace d'extinction les 107 espèces endémiques de l'île. Enfin, il y a la surexploitation de la forêt tropicale – l'équivalent de la superficie de la Grande-Bretagne disparaît chaque année – et celle de la mer. Le plus « bel » exemple, c'est la pêche à la morue : 500 ans d'harmonie où tout « marchait » bien. Puis les bateaux industriels sont arrivés dans les années 1990 et le stock de Terre-Neuve a fondu.

Quel est l'impact du réchauffement climatique ?

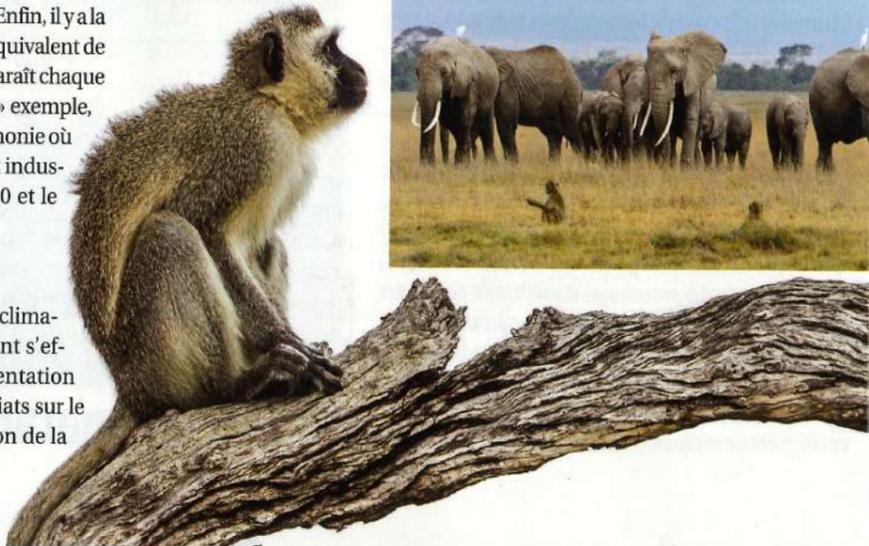
C'est un cercle vicieux : le changement climatique affecte le vivant et quand le vivant s'effondre, cela affecte le climat. L'augmentation de la température a deux effets immédiats sur le vivant. D'abord, il y a une augmentation de la

consommation d'oxygène, ce qui est problématique dans les océans où la chaleur fait diminuer l'oxygène. Ensuite, des populations migrent pour rester dans leur optimum thermique, ce qui est plus facile pour les organismes marins. En moyenne, le plancton remonte de 47 kilomètres par an vers le nord et les poissons de 27 kilomètres. Ensuite, il y a les précipitations qui changent. D'autant que la déforestation affaiblit énormément le régime des pluies. Nous allons vers un système composé de très longues périodes de sécheresse (9 à 10 mois) suivies de précipitations torrentielles (200 à 400 millimètres en 24 heures), ce qui est catastrophique pour l'agriculture. La France connaît régulièrement de violentes précipitations qui engendrent des inondations parce qu'on a tout artificialisé : le bitume généralisé empêche l'eau de s'infiltrer. Enfin, il y a la fonte des glaciers et la remontée du niveau de la mer. Elle remonte aujourd'hui trois fois plus vite qu'il y a dix-huit ans. Autre exemple, le tsunami géant de Sumatra en 2004 qui a provoqué la mort de 220 000 personnes. Sans le récif corallien, on aurait eu 3 millions de morts. Voilà une raison évidente pour garder le récif qui joue un rôle de protection très important.

Est-il trop tard pour enrayer ce déclin ?

Non, il est possible de gérer l'effondrement du vivant en prenant des mesures. Par exemple, arrêter les pesticides dans l'agriculture : on sait le faire et on va forcément y venir. Arrêter de gaspiller l'eau en installant un circuit d'eau souillée et un d'eau potable.

▼ Ces singes du genre *Chlorocebus* sèment derrière eux des graines trouvées dans les défécations des éléphants d'Afrique, ce qui permet la repousse d'arbres. Si les éléphants disparaissent, la savane en souffrirait.



Stopper la surpêche : on pourrait prélever au maximum chaque année 70 % des stocks et laisser le reste à la nature. L'Australie et la Nouvelle-Zélande ont déjà légiféré en ce sens. Mais une réserve marine protégée est efficace seulement si on y met les moyens. On peut aussi supprimer le plastique, diminuer la pollution. La seule chose qu'on ne peut plus arrêter, c'est le réchauffement climatique. Donc il faut limiter au maximum l'augmentation de la température et s'adapter aux conditions qui changent. Pour cela, nous devons nous inspirer du vivant, car la nature fonctionne toujours à l'économie d'énergie.

Certains prônent la décroissance...

Je ne crois pas à cette solution qui repose trop sur des critères économiques. Je suis plutôt pour une croissance zéro et raisonnée, fondée sur des critères différents, par exemple déterminer les espèces qui sont des clés de voûte et garder les relations qui se sont installées avec elles. Si on ne fait rien, on court à la catastrophe, mais on peut faire quelque chose pour l'éviter. Je partage l'avis du philosophe Edgar Morin : le probable est préoccupant et catastrophique mais, dans l'histoire de l'humanité, il y a eu des tas de fois où le probable ne s'est pas produit. Donc il faut se battre pour que ce probable ne se produise pas et accepter de changer de modèle, en passant à la sobriété.

Comment s'y prendre pour changer de modèle dans un monde globalisé ?

C'est avant tout une affaire d'éducation. Il faut enseigner à chacun que tout le monde peut changer. Cela commence par l'attitude alimentaire. Par exemple, acheter des fruits et des légumes de saison venant de la région où on habite. Manger le plus bio possible pour éviter les pesticides. Arrêter d'acheter des produits traités. Puis il y a les déplacements. Qu'attend-on pour améliorer les transports en commun et mettre des parkings à l'entrée des villes afin de supprimer au maximum les voitures intra-muros ? Il faut aussi lutter contre l'obsolescence programmée. Pour obliger les acteurs économiques à changer à grande échelle, il n'y a que deux solutions : interdire ou taxer à un niveau qui décourage. Mais les taxes écologiques doivent être instaurées avec équité et substituées à d'autres antérieures, sinon on déclenche une crise comme celle des « gilets jaunes »...

Vous présidez le conseil scientifique de l'Agence française pour la biodiversité depuis sa création en 2017. Quel est son rôle ?

Elle résulte de la fusion de quatre organismes : l'Office national de l'eau et des milieux aquatiques, les parcs nationaux de France, le groupement d'intérêt public

Atelier technique des espaces naturels et l'Agence des aires marines protégées. Et elle va englober, au 1^{er} janvier 2020, l'Office national de la chasse et de la faune sauvage, et devenir l'Office français de la biodiversité (OFB). Cette agence a été élaborée sous le ministère de l'Environnement, de l'Énergie et de la Mer de Ségolène Royal, avec pour objectif de fédérer les efforts de la France en matière de gestion, d'inventaires et d'études de la biodiversité pour qu'aucun projet ne se réalise plus sans tenir compte de son impact sur celle-ci. Elle a aussi pour mission de pousser à créer des systèmes d'éducation à la biodiversité et au vivant, dans l'enseignement et dans le monde associatif. Et elle gère tout ce que fait la police de la nature, de la chasse, de la pêche, des eaux pour faire appliquer les directives européennes. Son rôle est aussi de faire en sorte que toutes les activités liées

« Si on ne fait rien, on court à la catastrophe, mais on peut faire quelque chose pour l'éviter »

à la nature soient regardées de plus près, analysées et rendues plus vertueuses s'il le faut. À ce titre, l'agence, qui dépend du ministère de la Transition écologique et solidaire, entre souvent en conflit avec le ministère de l'Agriculture.

Nicolas Hulot a démissionné du ministère de la Transition écologique en 2018. Que feriez-vous si vous étiez à ce poste ?

Parmi bien d'autres, certains avaient proposé mon nom. À ce poste, il faut d'abord s'attaquer au problème des pesticides et de la pollution des océans. Tout produit qui contient des molécules chimiques non dégradables doit être interdit à la vente au grand public et plus progressivement aux agriculteurs afin qu'il soit totalement retiré du marché d'ici trois ou quatre ans. Pour lutter contre la pollution de la mer, il faut exiger que toutes les stations d'épuration fonctionnent correctement et qu'on interdise tous les plastiques qui ne sont pas biodégradables. Enfin, il faut améliorer toutes les taxes fiscales pour les rendre favorables à l'environnement. Pour accomplir tout cela, il faudrait un grand ministère qui regroupe l'agriculture, la pêche, l'environnement et l'énergie. ■

(1) C. Mora et al., *PLOS Biology*, 9, e1001127, 2011.

(2) www.ipbes.net/news/Media-Release-Global-Assessment-Fr

(3) C. A. Hallmann et al., *PLOS One*, 12, e0185809, 2017.