

DU PARTAGE
DE LA CONNAISSANCE
ET DE LA PROMOTION
D'UNE « SCIENCE OUVERTE »

ON SHARING KNOWLEDGE
AND FOSTERING
“OPEN SCIENCE”

Rapports de
l'Académie royale de Belgique

*Reports by
the Royal Academy of Belgium*



ACADÉMIE ROYALE
DES SCIENCES, DES LETTRES ET DES BEAUX-ARTS
DE BELGIQUE

2
OPINIO

2 OPINIO

DU PARTAGE
DE LA CONNAISSANCE
ET DE LA PROMOTION
D'UNE « SCIENCE OUVERTE »



*ON SHARING KNOWLEDGE
AND FOSTERING
“OPEN SCIENCE”*



ACADÉMIE ROYALE
DES SCIENCES, DES LETTRES ET DES BEAUX-ARTS
DE BELGIQUE

Publié avec le soutien de



Académie royale de Belgique

Rue Ducale, 1
1000 Bruxelles, Belgique
www.academie-editions.be

Opinio n° 2

© 2020, Académie royale de Belgique

Sous la direction d'Erol Gelenbe,
Membre de l'Académie royale de Belgique

Réalisation graphique: Loredana Buscemi,
Académie royale de Belgique

Impression:
Snel Grafics sa, B-4041 Vottem

Réflexions sur la diffusion des connaissances à travers les grands colloques internationaux, les revues scientifiques, et la communication libre et rapide entre chercheurs et innovateurs dans un contexte de réduction de l’empreinte climatique

Reflections on the dissemination of knowledge through major international conferences, academic journals, and free and fast communication between researchers and innovators in the context of reducing the climate footprint

Document résultant des travaux
du Groupe « Diffusion de la Science »
de l'Académie royale de Belgique,

placé sous la direction d'**Erol Gelenbe**¹

et composé de

Guy Brasseur¹, **Luc Chefneux**¹, **Véronique Dehant**¹, **Véronique Halloin**², **Jean-Paul Haton**¹, **Michel Judkiewicz**¹, **Bernard Rentier**¹
et Romain Weikmans³

Académie royale de Belgique

Octobre 2020

¹ Membres ou Membres Associés de l'Académie royale des Sciences, des Lettres et des Beaux-Arts de Belgique.

² Secrétaire Générale du Fonds National de la Recherche Scientifique (F.R.S-FNRS).

³ Chercheur Postdoctoral F.R.S-F.N.R.S., Centre d'Etudes du Développement Durable (CEDD), Université libre de Bruxelles.

*A document stemming from the work
undertaken by the “Dissemination of Science”
Group of the Royal Academy of Belgium,*

*headed by **Erol Gelenbe**¹*

and comprising

***Guy Brasseur¹, Luc Chefneux¹, Véronique Dehant¹, Véronique Halloin²,
Jean-Paul Haton¹, Michel Judkiewicz¹, Bernard Rentier¹
and Romain Weikmans³***

Royal Academy of Belgium

October 2020

¹ *Members or Associate Members of the Royal Academy of Sciences, Letters, and Fine Arts of Belgium.*

² *Secretary General to the Fonds National de la Recherche Scientifique (National Fund for Scientific Research) (FRS-FNRS).*

³ *FRS-FNRS Postdoctoral Researcher, Centre d'Études du Développement Durable (Centre for Sustainable Development Studies) (CEDD).*

TABLE DES MATIÈRES

TABLE OF CONTENTS

PRÉAMBULE	11
<i>FOREWORD</i>	<i>31</i>
CHAPITRE 1 – LES GRANDS COLLOQUES INTERNATIONAUX ET LES ATELIERS	17
<i>CHAPTER 1 – MAJOR INTERNATIONAL CONFERENCES AND WORKSHOPS</i>	<i>37</i>
CHAPITRE 2 – VERS DES COULOIRS DE COMMUNICATION SCIENTIFIQUE EN EUROPE	21
<i>CHAPTER 2 – TOWARDS SCIENTIFIC COMMUNICATION CORRIDORS IN EUROPE</i>	<i>41</i>
CHAPITRE 3 – ÉVALUATION DE LA RECHERCHE	23
<i>CHAPITRE 3 – RESEARCH ASSESSMENT</i>	<i>43</i>
CHAPITRE 4 – L'EMPREINTE CARBONE DE LA COMMUNICATION, DE LA FORMATION ET DES ÉCHANGES SCIENTIFIQUES	27
<i>CHAPTER 4 – THE CARBON FOOTPRINT OF ACADEMIC COMMUNICATION, TRAINING, AND EXCHANGES</i>	<i>47</i>

PRÉAMBULE

Au début de l'année 2019, la Classe « Technologie et Société » de l'Académie royale de Belgique a suivi la proposition de son directeur d'orienter principalement ses travaux, durant deux ans, sur le thème de la « Transition vers un futur désirable ».

Personne à ce moment n'imaginait que nous allions vivre une crise de l'ampleur de celle que nous traversons. La pandémie révèle le manque de résilience du monde dans lequel nous vivons; elle en souligne particulièrement la complexité tout comme les interactions multiples qui lient les douze domaines que la Classe avait souhaité aborder dans sa démarche. Si la « **santé** » est concernée au premier chef par la crise sanitaire, le monde de l'« **entreprise et du travail** » n'a pas manqué d'être directement impacté. Notre « **modèle économique et financier** » a été interpellé et la nécessité fut relevée de disposer d'« **infrastructures** » de bon niveau de même que d'une « **gouvernance** » capable de faire face à des situations critiques qui peuvent générer des risques touchant à la « **paix et à la sécurité** ». Il est aussi apparu combien les « **valeurs** » de solidarité, de civisme et de cohésion sociale retrouvent toute leur importance, tandis que la nécessité des « **connaissances** » scientifiques et de l'expertise est mise en exergue. Les « **technologies disruptives** » (en particulier le numérique) nous offrent la possibilité de garder le contact, tout en suscitant parfois de sérieux problèmes de respect de la vie privée et des droits humains. Notre système d'« **éducation** » s'en trouve lourdement perturbé et l'impact sur l'« **environnement et le climat** » est tangible tandis que la nature retrouve (un peu) ses droits (« **ressources naturelles** »).

Or, dès avant l'apparition de la pandémie, un large consensus s'était dégagé au sein du monde politique et économique ainsi que dans la population des pays européens sur la nécessité de réagir énergiquement face à la crise climatique de plus en plus manifeste, qui menace l'humanité à l'horizon d'une génération. Aussi, a fortiori, le redémarrage de l'économie mondiale au lendemain d'un lock-down sanitaire ne peut-il faire l'impasse sur la prise en compte du changement climatique et de ses conséquences sociales, potentiellement beaucoup plus graves

encore que celles causées par la pandémie elle-même.

Face à un défi aussi colossal, les Académies ne peuvent se contenter de poursuivre tranquillement leurs activités comme par le passé. La Classe « Technologie et Société » de l'Académie royale de Belgique, en particulier, se doit d'apporter une contribution, même modeste, à la réflexion générale nécessaire à l'éveil de la conscience des citoyens et dont nos dirigeants devraient pouvoir se nourrir afin de prendre les décisions qui s'imposent.

C'est pourquoi, dès le mois de mars 2020, un appel fut lancé à tous les membres titulaires et associés de la Classe, afin de susciter la mise en place de groupes de travail portant sur différents sujets qui se rappelaient à l'agenda de nos sociétés. Si l'actualité commandait l'examen de certaines thématiques, comme le traçage numérique des infections au corona virus, d'autres sujets relevaient d'une perspective à plus long terme comme on est en droit de l'attendre d'une Académie. Les groupes de travail ne se sont pas privés de l'apport pertinent de personnalités externes à la Classe, choisies en raison de leurs compétences scientifiques et de leur expérience professionnelle.

Parmi ces groupes de travail, un collectif s'est consacré à la problématique de la diffusion des connaissances et de son impact sur le changement climatique. Avec le dynamisme remarquable que lui insuffla son animateur, dans un contexte peu banal, les membres de ce groupe de travail ont préparé le présent document, émaillé de nombreuses recommandations qui, nous l'espérons, auront le bonheur de susciter débats et actions.

La réflexion sur ce thème, encore relativement peu développée dans le milieu des Académies, vient également de susciter un vif intérêt au sein de l'association académique Euro-CASE (association européenne des Académies de Technologie).

Ce document issu de l'Académie royale de Belgique n'a pas la prétention d'aborder la totalité des problématiques associées à la diffusion des connaissances. Ainsi, la réflexion a porté quasi exclusivement sur la diffusion des connaissances *scientifiques*, envisagées comme un bien commun de l'humanité, d'autant plus qu'elles sont largement financées par les pouvoirs publics. Si ce corpus de connaissances est à la base des développements technologiques et le terreau de l'innovation, ce dernier aspect n'a cependant pas été abordé en tant que tel. Il conviendra absolument d'en faire l'objet d'une réflexion complémentaire qu'abordera sans doute le groupe de travail d'Euro-CASE.

Gardons-nous de toute naïveté. Les États-Unis financent de manière colossale la recherche militaire, qui comprend une part de recherche fondamentale, sans parler des financements investis par des États comme la Chine ou la Russie.

PRÉAMBULE

Les résultats de ces recherches restent essentiellement confidentiels, mais leurs retombées dans le secteur privé sont extrêmement importantes, expliquant au passage l'impressionnante supériorité américaine dans le domaine des nouvelles technologies. Par rapport aux autres puissances mondiales, l'Union Européenne s'est toujours montrée plus transparente, au grand bénéfice de ses concurrents. Son combat pour l'« open science » est essentiel et on ne peut que s'en réjouir. Le degré approprié d'ouverture de la recherche appliquée, dont le but est l'innovation technologique, demeure cependant une question débattue. Il est évident que si un État ou une Région apporte une aide financière à une recherche menée par un industriel, c'est pour contribuer à son propre développement économique territorial et non à celui de ses concurrents. Dans ces circonstances, il est absolument évident que les résultats obtenus ne pourront bénéficier d'un libre accès immédiat, mais devront se voir protégés par les règles de la propriété intellectuelle.

Cette problématique, dont il serait naïf de réduire le niveau de grande complexité, est promue à un intérêt croissant, car au cœur d'un développement harmonieux des sociétés. Si l'innovation technologique ne peut seule prétendre résoudre les problèmes auxquels le monde est confronté, elle devrait en effet être en mesure d'apporter des réponses efficaces qui, sans cesse, seront pourtant confrontées à la question de la transparence des procédures de recherche et à la publicité des résultats. Dans ce débat, l'Union Européenne et ses États membres, dans leurs champs d'action respectifs, auront à intervenir et à se choisir une ligne de conduite, responsable et soucieuse du bien commun.

Le développement de la science et de l'innovation associe différents acteurs de la société qui contribuent, chacun à sa manière, au progrès des connaissances, et, partant, au développement économique, social et culturel. Ces acteurs sont les scientifiques bien sûr, mais aussi des entreprises de toutes tailles, des collectivités territoriales, des villes, de grands ensembles nationaux, l'Europe et *in fine* le plus grand nombre possible de citoyens, car la science et l'innovation sont affaires de tous. L'Internet a accéléré la diffusion d'informations variées au sein de ce grand ensemble d'acteurs, et ceci nous oblige inmanquablement à **maintenir une « science ouverte »**¹ qui permet de vérifier rapidement la validité d'informations qui peuvent avoir une importance pour notre bien-être, notre sécurité et notre santé.

La récente crise de la COVID-19 a montré, de manière évidente, que la gestion de la crise, mais aussi les déclarations infondées ou les pressions de l'opinion publique ne peuvent se substituer aux exigences de la démarche scientifique, à une recherche structurée, objective et transparente, et à une évaluation par les pairs. Elle illustre la nécessité absolue d'une transition vers une « science ouverte ».

Ainsi, **les résultats de la recherche**, et notamment de la recherche financée par les deniers publics, **se doivent d'être accessibles et les connaissances qui en résultent devraient rester librement disponibles, sans frais, pour tous les citoyens**. Lorsque ces connaissances débouchent sur des inventions et des développements technologiques, il est cependant légitime que ceux-ci puissent être valorisés dans le respect des règles de la propriété intellectuelle.

En outre, on ne peut nier l'utilisation croissante des résultats d'une discipline par des spécialistes d'une autre; parmi de multiples exemples, la chimie et la physique sont abondamment utilisées en biologie, des outils de l'ingénierie (comme la robotique) révolutionnent la pratique médicale, et que dire de l'usage de l'informatique qui touche pratiquement toutes les disciplines! Or, cette interaction devenue banale accroît le besoin de partager et nécessite le transfert rapide des connaissances entre acteurs et entre disciplines.

Traditionnellement, ce partage à travers la communication se fonde à la fois sur les publications dans des revues scientifiques, sur l'organisation de séminaires et de grandes conférences internationales, sur l'éducation et la vulgarisation aussi. À ces moyens, viennent cependant s'ajouter les technologies modernes de l'in-

¹ RENTIER B., *Science ouverte. Le défi de la transparence*, L'Académie en Poche 114, Bruxelles, Déc. 2018, ISBN: 978-2-8031-0659-2, <https://orbi.uliege.be/handle/2268/230014>.
<http://www.academieroyale.be/fr/publications-academie-toutes-publications-detail/oeuvres-2/science-ouverte-defi-transparence/>

formation et de la communication, qui offrent désormais les principaux moyens matériels pour le stockage et la diffusion des connaissances.

La pandémie de la COVID-19 — qui a brusquement placé nos sociétés face à un problème d'autant plus préoccupant que, précisément, il faisait l'objet d'un déficit de connaissances —, associée aux interrogations que suscitait depuis plusieurs années déjà la nécessaire transition climatique, nous amène à reconsidérer la question de la communication scientifique et, notamment, les différentes formes de rencontres entre chercheurs (colloques, symposiums, congrès, réseaux sociaux numériques, etc.) qui entraînent fréquemment, pour certaines d'entre elles, de longs déplacements en avion. La situation actuelle en effet nous confronte à la fois à l'absolue nécessité de l'échange des connaissances et à un mode de communication imposé par les circonstances: les téléconférences et « chats » géants. Si leur existence se justifie pleinement à l'heure actuelle, que peut-il en être dans le futur ?

Il est clair pour tout chercheur que les rencontres humaines sont un moteur puissant de la démarche scientifique. Elles permettent de faire naître l'inspiration d'une recherche, d'éviter de s'engager dans une voie sans issue, déjà expérimentée par d'autres, de lancer des collaborations entre chercheurs qui travaillent sur des questions voisines ou identiques, de se jauger, de valider officieusement une démarche expérimentale, de corroborer ou de valider des hypothèses risquées, avant d'entreprendre des démarches lourdes et/ou longues. Ces rencontres permettent aussi d'établir des contacts qui déboucheront parfois sur un emploi, de préparer une transition de carrière, de mettre en place des séjours postdoctoraux pour de jeunes chercheurs ou un séjour de longue durée dans un établissement réputé. Cette possibilité de rencontres doit évidemment être préservée. Mais, une fois cette évidence rappelée, ne peut-on s'interroger davantage sur le sens et l'efficacité de nos déplacements dans le contexte de nos activités de recherche ?

CHAPITRE 1

LES GRANDS COLLOQUES INTERNATIONAUX ET LES ATELIERS

La publication traditionnelle, revue et validée par les pairs, ne répond pas à de nombreux besoins et situations, particuliers mais importants: un délai et des cycles de relecture (« refereeing ») et de révision parfois beaucoup trop longs, le « barrage » éventuel par des pairs qui peuvent se montrer extrêmement dubitatifs face à une réelle innovation ou un concept génial, un gaspillage de moyens et de temps si la voie suivie dans la publication soumise a déjà été explorée sans succès (et n'a par conséquent jamais connu de publication). En revanche, la participation, via des communications orales ou par affiches (« posters ») ou via un mélange des deux (« picco »), à cette diversité de colloques et symposiums qui se sont établis avec le temps dans différentes disciplines — et les moyens de communication rapide qu'ils offrent — permettent de tester le terrain et d'interagir à temps.

En outre, les forums de discussion en face à face dans de petits groupes (ateliers) permettent un brassage d'idées très enrichissant, qu'il est difficile de remplacer par une correspondance écrite, ou par des réunions via Internet.

Toutefois, l'Internet a permis d'offrir une alternative pratique à une partie de ces démarches, en créant de véritables forums de diffusion et de discussion qui réduisent les besoins de déplacement des participants, et qui facilitent aussi la participation de chercheurs disposant de budgets de voyage limités. En outre, un accélérateur puissant par rapport à la publication traditionnelle s'est développé sous la forme de plateformes ouvertes et gratuites (pour les auteurs et les lecteurs) favorisant la diffusion rapide de prépublications, comme arXiv. Si leur caractère ouvert et immédiat présente assurément des avantages, il n'est certes pas exempt d'inconvénients : il faut en effet que l'auteur puisse prendre date très officiellement pour pouvoir par la suite faire valoir l'antériorité de sa découverte ou de son invention, et qu'il accepte de s'exposer de manière transparente aux critiques et recomman-

dations de ses pairs aux yeux de tous, et non plus dans la confidentialité éditoriale.

Les institutions de recherche et d'enseignement supérieur auraient donc intérêt à utiliser des plateformes fiables, permettant de communiquer aisément à distance, directement dans le cadre de grands colloques internationaux. Les institutions universitaires devraient être en capacité d'organiser de telles manifestations, tout comme elles organisent de plus en plus fréquemment des cycles d'enseignement et de vulgarisation à distance.

Le groupe de travail recommande également que le dépôt de toutes les prépublications (preprints) de ces colloques sur des plateformes d'archivage fiables, pérennes, et gratuites pour les chercheurs, soit utilisé pour compléter les communications ou abstracts à de nombreux congrès. Cet archivage pourrait s'accompagner d'un processus de relecture (« refereeing ») et de révision d'articles, aboutissant à la validation de la publication sous la supervision d'un comité d'édition scientifique, avec l'apport des Académies qui accepteraient, le cas échéant, d'en assumer la responsabilité.

En outre, le groupe de travail insiste vivement sur la nécessité d'un dépôt de toute publication ou prépublication de la recherche publique sur des plateformes qui doivent rester en accès libre et gratuit. Il convient de relier cet effort d'une part aux acquis actuels en matière d'Open Science réalisés en Allemagne (avec le financement forfaitaire des publications des chercheurs allemands chez un certain nombre d'éditeurs) et d'autre part aux négociations autour du Plan-S¹ qui vise un résultat analogue à travers l'Europe, en parallèle au support d'archivage « ouvert » pour les travaux de recherche financés par l'Union Européenne.

Le groupe de travail propose également que les établissements d'enseignement supérieur et les organismes de recherche, comme tous les organismes publics et privés, puissent préciser leur politique en matière de déplacements internationaux, et évaluer l'opportunité de compensations pour les parts d'émissions de gaz à effet de serre qu'ils ne peuvent pas réduire.

Bien évidemment, la multiplication des forums de discussion et des plateformes d'archivage nécessite des investissements en matériels et logiciels, et donne lieu elle aussi à des consommations d'énergie et dès lors à des émissions

¹ <https://anr.fr/fr/actualites-de-lanr/details/news/la-coalition-s-publie-la-version-finale-du-plan-s-et-de-son-guide-dapplication-pour-le-libre-acces/>
Plan S: Making full and immediate Open Access a reality. Principles and Implementation, Principles and Implementation: <https://www.coalition-s.org/addendum-to-the-coalition-s-guidance-on-the-implementation-of-plan-s/principles-and-implementation/>

de gaz à effet de serre ainsi qu'à d'autres consommations de ressources naturelles ayant un impact sur l'environnement². Il ne s'agit donc pas d'une « solution-miracle » et il ne faut pas se dispenser, ici aussi, d'un examen attentif du rapport efficacité-coût énergétique.

² Cf. GELENBE E. & CASEAU Y., « The impact of information technology on energy consumption and carbon emissions », *Ubiquity*, Association for Computing Machinery (ACM), June 2015, Article 1, <https://doi.org/10.1145/2755977>; CAMPANA M., CUEGNIET J., SCHMITT M., SIBEN C., « Réduire la consommation énergétique du numérique », Rapport du Conseil général de l'économie, Nov. 2019, Paris: <https://www.economie.gouv.fr/cge/consommation-energie-numerique>. Voir aussi par exemple: *The Guardian*, 26/11/2019: « A new study commissioned by energy company OVO reckons Brits send more than 64 million unnecessary emails every day, and that if every adult in the UK sent one fewer 'thank you' email a day we would save more than 16,433 tonnes of carbon a year – equivalent to 81,152 flights to Madrid or taking 3,334 diesel cars off the road ». <http://www.fasterthanexpected.com/2019/11/26/pointless-emails-theyre-not-just-irritating-they-have-a-massive-carbon-footprint/>

CHAPITRE 2

VERS DES COULOIRS DE COMMUNICATION SCIENTIFIQUE EN EUROPE

Jusqu'ici, les réunions physiques dans le domaine de la recherche (colloques, séminaires, symposiums, conférences) constituaient la norme, tandis que les réunions virtuelles avaient un caractère d'exception. La crise de la COVID-19 a cependant entraîné un basculement rapide vers des réunions virtuelles, dont chacun a pu expérimenter tant les avantages que les limites. Une de ces carences demeure, par nature, la limitation des contacts physiques qui caractérisent les échanges humains indispensables à la recherche, en dépit de (ou grâce à) leur expression informelle et spontanée (les vertus des discussions à la pause-café ne sont plus à démontrer). Chacun sait combien notre capacité à faire progresser une recherche « par hasard », à savoir en suite d'une découverte inattendue ou d'une intuition fulgurante, la sérendipité, peut bénéficier de tels contacts informels et des réunions présentiels. Cependant, la prise de conscience croissante de la nécessité d'un développement plus durable stimule depuis plusieurs années une réflexion sur les voyages qu'engendrent les manifestations scientifiques et sur l'alternative, partielle, qu'offrent les réunions virtuelles. Si les échanges entre personnes, dans le domaine de la recherche comme dans tous les secteurs de l'activité humaine, sont indispensables au développement des connaissances et des innovations dont nos sociétés ont besoin, nous ne ferons vraisemblablement pas l'économie d'une combinaison de réunions présentiels et virtuelles.

On peut alors imaginer des réunions régionales régulières et des réunions mondiales annuelles. Pour les réunions régionales, il conviendrait de mieux profiter des nombreuses villes européennes connectées par des couloirs de trains à grande vitesse, qui émettent beaucoup moins de gaz à effet de serre que l'avion (un rapport moyen de 1 à 20, selon l'Agence européenne pour l'environnement). En outre les trains, qu'ils soient « normaux », rapides, voire de nuit, peuvent être plus

commodes que l'avion si l'on prend en compte les délais des aéroports (accès, sécurité, temps d'enregistrement et attente), sous réserve de l'adéquation des horaires et de la fréquence de ceux-ci.

Le groupe de travail recommande donc, à la fois pour faciliter les contacts présentsiels et limiter autant que possible l'empreinte carbone des déplacements des chercheurs, **que soient développés des cycles de réunions régionaux. En l'occurrence et notamment en Europe, ces réunions devraient être organisées dans des lieux qui constituent des nœuds intéressants reliés par des couloirs ferroviaires rapides.** Des plénières mondiales pourraient être organisées selon un mode hybride, où certains seraient présents physiquement tandis que d'autres y assisteraient par téléconférence. **On aurait ainsi une hiérarchie de réunions (locales, régionales et mondiales), clairement structurées et pouvant limiter les voyages énergivores.** Les Académies et leurs réseaux (ALLEA, ICSU, Euro-CASE, CAETS, EASAC etc.) pourraient s'impliquer davantage dans une telle structuration afin de contribuer à la logistique adéquate et développer la diffusion des connaissances, tant à haut niveau, entre pairs, qu'en matière de vulgarisation intelligente et d'échanges avec les citoyens, les ONG, le public, et les jeunes.

ÉVALUATION DE LA RECHERCHE

L'évaluation des chercheurs et des structures de recherche est un élément essentiel dans le processus de recherche, tant pour juger de la qualité d'une recherche que pour motiver les chercheurs. Lorsqu'une évaluation est programmée, elle doit bien évidemment être réalisée par des pairs compétents, conformément aux standards internationaux.

Certes, tout examen qualitatif par des experts est nécessairement teinté d'une certaine subjectivité à laquelle on a souvent attribué le frein de l'évaluation par les pairs (peer review) dans la publication d'idées très novatrices, voire en rupture avec les modèles standards. Il faut en être conscient, et en tenir compte, car la révision par les pairs demeure, et à raison, la règle d'or du monde scientifique. Toutefois l'apport des pairs ne peut se limiter à un calcul sur les différents indices indirects rendant soi-disant compte de la productivité ou de la créativité du chercheur. Il doit consister en une véritable évaluation de la valeur réelle des publications, de leur apport à la science et de la contribution personnelle du chercheur à l'ensemble du travail, quelle qu'en soit sa part. En effet, une évaluation juste et équilibrée, autant que faire se peut, devra reposer sur les critères suivants : (a) la pertinence, la transparence et l'équité des évaluations, et (b) la compétence, l'intégrité et la diversité des évaluateurs.

La déclaration de San Francisco sur le processus d'évaluation (Declaration on Research Assessment, DORA) de 2012 et le Manifeste de Leiden de 2015 avaient pour but d'améliorer les pratiques d'évaluation des chercheurs à l'occasion de recrutements, de promotions ou d'évaluations individuelles. Ces documents, signés par de nombreuses institutions de recherche et de financement de celle-ci, ont alerté le monde de la recherche sur le mauvais usage de certains indicateurs bibliométriques, essentiellement :

- le facteur d'impact des revues (Journal Impact Factor, JIF) que son mode de calcul biaise en faveur de certaines revues et qui peut être manipulé.

De plus, lorsqu'il s'agit d'évaluations comparatives de chercheurs de domaines très différents, il ne tient pas compte de la diversité des pratiques disciplinaires ;

- le nombre total de citations (utilisant différentes sources), un indicateur souvent influencé par le nombre d'articles, le nombre de co-auteurs et qui peut s'avérer peu pertinent dans certains domaines ;
- l'indice H (H index), un indicateur composite censé rendre compte simultanément du nombre de publications d'un chercheur et de leur impact scientifique. Cet indice, qui séduit par sa simplicité, dépend du nombre de publications, du JIF, mais aussi du nombre de citations par publication, et donc du nombre d'années qui se sont écoulées depuis la publication ainsi que de son influence sur une longue durée. Malheureusement, il est frappé du même défaut que le JIF dont il est en partie dérivé, tout en accordant une grande importance à la quantité de publications, ce qui a tendance à susciter la production d'une quantité anormale d'articles dont la valeur ajoutée est minimale. Combattre cette dérive, qui a fini par saturer le processus d'évaluation par les pairs en dégradant sa qualité et qui a engendré une prolifération de revues à but commercial, exigeant un paiement des auteurs pour être publiés, est aujourd'hui une nécessité.

Les principes de la science ouverte exigent ainsi une évaluation fondée sur de multiples critères, essentiellement qualitatifs, et réalisée par des pairs. Il s'agit d'une tâche longue et parfois fastidieuse, qui demande plus de compétence, d'efforts et de rigueur d'analyse que la simple addition de chiffres peu significatifs dans bien des cas. Elle ne doit pas se répéter trop fréquemment, vu sa lourdeur ; une périodicité de l'ordre d'une fois tous les cinq ans semble raisonnable. Elle ne doit pas se réduire aux indicateurs de publication, même si les publications demeurent un critère essentiel de l'évaluation des dossiers. L'abondance de publications — et le nombre de co-auteurs par article — ne sont pas nécessairement des mesures fiables de la qualité d'un chercheur ou de l'intérêt d'un projet de recherche, même si l'absence de publications est pratiquement éliminatoire et même si un faible nombre de publications par rapport à l'ancienneté en recherche doit certainement appeler à un examen vigilant de la contribution réelle, qui certes peut malgré tout s'avérer importante.

Dans la plupart des cas, l'auto-évaluation peut contribuer à cette approche plus qualitative, dans la phase initiale du processus. Dans un dossier d'auto-éva-

luation, il est demandé aux évalués de sélectionner leurs productions majeures¹ et, surtout, d'expliquer cette sélection : portée et impact d'une publication, contribution personnelle. Toutes les productions citées doivent être accessibles dans une archive institutionnelle ouverte. Les chercheurs doivent être autorisés à publier leurs manuscrits en les déposant sur un serveur de prépublication avant de les soumettre à la révision par les pairs, afin de susciter des commentaires de la communauté scientifique dont ils pourront tenir compte pour des adaptations éventuelles comme c'est déjà le cas en physique, en mathématique ou en économie. Il est important que les organismes de financement et autres parties prenantes encouragent ce principe de prépublication. Et tout document publié doit ensuite faire l'objet d'un dépôt en accès libre après son acceptation dans sa forme définitive, sur un serveur institutionnel dès que l'éditeur le permet.

On voit que la science ouverte peut jouer un rôle central dans l'évaluation de la recherche. Ce fait doit être pris en compte par tous les acteurs : chercheurs, laboratoires, organismes de financement de la recherche, éditeurs. La situation évolue, lentement mais favorablement, et le rôle des Académies est de favoriser cette évolution.

Enfin, les méthodes d'évaluation devraient faire partie de la formation doctorale de tous les chercheurs. Elles touchent en effet à la question de l'intégrité scientifique, composante indispensable du métier de chercheur.

Le groupe de travail réaffirme donc le caractère central de l'évaluation des chercheurs et des structures de recherche par les pairs dans le processus de développement de la qualité de la recherche, tout autant que dans la motivation des chercheurs. Ces évaluations ne doivent cependant pas être trop fréquentes, afin de leur conserver leur importance ; une périodicité de cinq ans serait un ordre de grandeur raisonnable. Elles doivent être menées, de toute évidence, en conformité avec les standards internationaux, en respect des exigences de transparence, de collégialité et d'égalité de traitement. L'avis écrit de pairs de haut niveau extérieurs à la structure ou à la personne évaluée est recommandé.

Il importe de considérer les spécificités de chaque domaine disciplinaire et de prendre en considération d'autres critères que la seule publication, tels que la volonté d'ouverture (accès libre aux publications ainsi qu'aux données de recherche, etc.), les résultats obtenus en matière de formation doctorale de jeunes chercheurs, le temps consacré à la formation des chercheurs, l'apport à la communauté scientifique aux niveaux local, national et international.

¹ Cette manière de procéder permet de s'attaquer à la tendance malsaine de publier de manière excessive dans le seul but d'augmenter son indice H.

Il importe également de s'intéresser à la formulation des questions posées aux experts. Un processus qui tente d'obtenir des réponses claires sur des points spécifiques, souvent utilisé par les grandes universités américaines pour l'évaluation des enseignants-chercheurs, pourrait inspirer les questions soumises à l'attention des évaluateurs. Il pourrait s'avérer utile d'examiner, lors de l'évaluation d'un chercheur, d'un laboratoire, d'un organisme ou d'un programme de recherche :

- a. Quels sont les quelques résultats importants obtenus par le chercheur (ou le laboratoire, etc.) au cours de la période soumise à évaluation, avec une précision concernant les publications correspondantes?
- b. Quelles sont les nouvelles questions que le chercheur (ou le laboratoire, etc.) a posées ou sur lesquelles il a travaillé et publié des travaux?
- c. Quels sont les projets collectifs auxquels le chercheur (ou le laboratoire, etc.) a contribué ou dans lesquels il a manifesté un « leadership » intellectuel ou organisationnel?
- d. Quels sont les services et apports importants du chercheur (ou du laboratoire, de l'organisme ou d'un programme de recherche) envers la communauté scientifique internationale, nationale, au sein de son établissement et de sa région, ou dont il a fait profiter les entreprises?

CHAPITRE 4

L'EMPREINTE CARBONE DE LA COMMUNICATION, DE LA FORMATION ET DES ÉCHANGES SCIENTIFIQUES

Les universités et organismes de recherche, comme d'ailleurs la société dans son ensemble, sont de plus en plus conscients de l'importance de la transition climatique. Elles s'efforcent ainsi de mieux cerner l'empreinte carbone de leurs activités, d'établir leurs priorités sur ce sujet et de réaliser des économies dans leur consommation d'énergies non-renouvelables et dans leurs émissions de CO². Certains établissements en Europe ou ailleurs, comme l'EPFL ou la grande Université de Vancouver (UBC), ont même pris l'initiative de publier leur bilan annuel en la matière.

Il en ressort que les déplacements pendulaires ou pour des motifs professionnels représentent plus de 50 % de l'impact CO² de ces établissements. La globalisation tellement promue de la formation universitaire et des échanges scientifiques entraîne nombre de déplacements en avion qui en conséquence pèsent dans cet ensemble d'un poids important sur les émissions, souvent de l'ordre de 30 % ou plus du total.

Toutefois, la difficulté relative de telles évaluations se perçoit aisément par quelques exemples. Ainsi, l'envoi d'une trentaine de courriels par jour pendant une année donne lieu à l'émission d'environ 600 kg de CO², ce qui équivaut à environ 50 % des émissions annuelles d'un citoyen de l'Inde; l'acquisition de 5000 euros de matériel informatique représente pour sa part l'émission d'environ 2,8 tonnes de CO² (sans compter l'impact CO² de son fonctionnement), ce qui est supérieur aux 2,2 tonnes de CO² par passager d'un voyage aller-retour entre Bruxelles et Pékin¹. Dans ces évaluations, les nombreux voyages des étudiants pour rejoindre leurs

¹ <https://www.carbonfootprint.com/measure.html>

familles, quand les familles vivent dans un pays ou une ville différente, sont rarement pris en compte, malgré le fait que les étudiants constituent une part essentielle de la communauté d'une université. En effet, un établissement en Europe qui accueillerait 1000 étudiants nord ou sud-américains ou asiatiques, qui rentreraient chez eux deux fois par an, ajouterait environ 4400 tonnes de CO² à son empreinte carbone, ce qui équivaut aux voyages de 420 enseignants-chercheurs « grands voyageurs », qui se déplaceraient annuellement, pour chacun d'entre eux, deux fois en Asie, deux fois aux USA, et quatre fois en Europe en avion².

On objectera qu'au regard des diverses activités humaines, comme les loisirs, l'empreinte carbone des chercheurs et des établissements scientifiques reste marginale. Mais sans doute ne faut-il pas négliger l'importance cruciale de l'exemplarité de la communauté scientifique dont émanent précisément les recommandations visant à réduire drastiquement les émissions de gaz à effet de serre.

Le groupe de travail suggère donc que les établissements et organismes de recherche, comme tous les organismes publics et privés, puissent publier un bilan annuel de leur consommation d'énergie ainsi qu'une estimation de leur empreinte CO². L'empreinte CO² des universités pourrait faire état des transports pendulaires des personnels et des étudiants, mais aussi comprendre une estimation de l'empreinte CO² des voyages des étudiants et des personnels, en montrant clairement, en compensation, la pertinence de leur apport à la stratégie des établissements, dont les objectifs d'internationalisation et de globalisation.

² *Ibidem.*

FOREWORD

In early 2019 the “Technology and Society” Group of the Royal Academy of Belgium accepted the proposal of its director to focus its work mainly on the topic of the “Shift towards a Desirable Future” for a period of two years.

Nobody at the time imagined that we were going to experience a crisis like the one we are currently going through. The pandemic has revealed the lack of resilience of the world in which we live; it has particularly underlined its complexity as well as the multiple interactions that link the twelve areas the Group wished to address in its undertaking. Whilst the health crisis primarily concerns **“health”**, the world of **“business and work”** has also been directly affected. Our **“economic and financial model”** has been called into question and it has been made clear that we need good **“infrastructure”** as well as **“governance”** capable of dealing with critical situations that can pose risks to **“peace and security”**. It has also become apparent how important the **“values”** of solidarity, civic-mindedness, and social cohesion are, while the need for scientific **“knowledge”** and for expertise has come to the fore. **“Disruptive technologies”** (especially digital ones) allow us to stay in touch while sometimes raising serious privacy and human-rights issues. Our **“education”** system has been severely disrupted and the impact on the **“environment and climate”** has been tangible as nature regains (some) of its rights (**“natural resources”**).

However, even before the pandemic a broad consensus had emerged in the political and economic world as well as among European peoples on the need to respond vigorously to the increasingly evident climate crisis which is threatening humanity over the next generation. Thus, a fortiori the recovery of world economy after a lockdown imposed for health reasons cannot overlook climate change and its social consequences which are potentially much more serious than those caused by the pandemic itself.

Faced with such a colossal challenge, academies cannot simply continue their activities like before. The “Technology and Society” Group of the Royal Academy

of Belgium has a particular duty to contribute, however modestly, to the general debate which is needed to raise citizens’ awareness and which our leaders could draw on when taking the required decisions.

This is why as early as March 2020 a call was launched to all full and associate members of the Group in order to instigate the setting up of working groups on the different subjects that find themselves on our societies’ agendas. Whilst current events called for the examination of some specific topics — such as the digital tracking and tracing of coronavirus infections — other subjects required a longer-term perspective which one would be entitled to expect from an academy. The working groups also availed themselves of relevant input from personalities outside the Group who were chosen for their scientific competence and professional experience.

One of these groups has looked at the issue of knowledge dissemination and its impact on climate change. With remarkable dynamism — instilled by its chairman in an exceptional context — the group members have prepared this document which includes many recommendations that will hopefully stimulate debate and action.

Reflections on this topic, still relatively underdeveloped in academies, have also aroused a great deal of interest within the academic association Euro-CASE (European Council of Academies of Applied Sciences, Technologies and Engineering).

This document produced by the Royal Academy of Belgium does not claim to address all the issues associated with the dissemination of knowledge. Thus, its discussions focused almost exclusively on the dissemination of *scientific* knowledge seen as a common good of humanity, all the more so since it is largely funded by public authorities. Whilst this body of knowledge is the basis for technological developments and fertile ground for innovation, the latter aspect has not been addressed as such. This absolutely needs further reflection which the Euro-CASE working group will no doubt engage in.

We must beware of all naivety. The United States provides a huge amount of funding for military research, which partly includes basic research, not to mention the funds invested by states such as China and Russia. The results of this research remain essentially confidential but their effects in the private sector are extremely important, which also explains the impressive American superiority in the field of new technologies. Compared to other world powers, the European Union has always been more transparent, to the great advantage of its competitors. Its fight for “open science” is essential and we can but welcome it. However, the appropriate degree of openness of applied research, the aim of which is technological

FOREWORD

innovation, remains a matter of debate. It is obvious that if a state or region provides financial support for research carried out by a company, it does so for the benefit of its own territorial economic development and not that of its competitors. In these circumstances it is absolutely obvious that the results obtained will not be able to benefit from immediate free access but will have to be protected by intellectual-property rules.

This issue, whose level of great complexity it would be naïve to minimise, is gaining increasing interest as it lies at the heart of societies' harmonious development. While technological innovation alone cannot claim to solve the problems the world is facing, it should be able to provide effective answers which will nevertheless always come up against the question of the transparency of research procedures and making results public. In this debate the European Union and its Member States will have to intervene in their respective spheres of activity and choose a responsible course of action which is mindful of the common good.

The development of science and innovation involves different actors in society, each of which contributes in its own way to the advancement of knowledge and thus to economic, social, and cultural development. These actors are of course scientists but also companies of all sizes, local authorities, cities, large national groups, Europe, and ultimately the largest possible number of citizens because science and innovation are everyone’s business. The Internet has speeded up the dissemination of various types of information among this large group of actors and this inevitably obliges us to **maintain an “open science”** which allows us to quickly verify the validity of information that may be of importance to our wellbeing, safety, and health.

The recent COVID-19 crisis has made it clear that crisis management but also unfounded statements or pressure from public opinion are no substitute for the requirements of a scientific approach, for structured, objective, and transparent research, or for peer review. It has illustrated the absolute need for a shift towards “open science”.

Thus, **the results of research** — not least publicly-funded research — **should be accessible and the resulting knowledge should remain freely available, without charge, to all citizens.** When this knowledge leads to technological developments and inventions, however, it is legitimate for these to be exploited in compliance with intellectual-property rules.

Moreover, there is no denying the increasing use of results from one discipline by specialists from another; among many examples, chemistry and physics are extensively used in biology, engineering tools (such as robotics) are revolutionising medical practice, whilst the use of computer technology affects practically all disciplines! This interaction, which has become commonplace, has increased the need for sharing and requires a rapid transfer of knowledge between actors and disciplines.

Traditionally, this sharing through communication is based on works published in academic journals, on the organisation of seminars and major international conferences, as well as on education and popularisation. To these methods, however, must be added modern information and communication technologies which nowadays provide the main material means for storing and disseminating knowledge.

¹ RENTIER B., *Science ouverte. Le défi de la transparence*, L’Académie en Poche 114, Brussels, Dec. 2018, ISBN: 978-2-8031-0659-2, <https://orbi.uliege.be/handle/2268/230014>; <http://www.academieroyale.be/fr/publications-academie-toutes-publications-detail/oeuvres-2/science-ouverte-defi-transparence/>.

The COVID-19 pandemic — which suddenly confronted our societies with a problem that was all the more worrying precisely because of our lack of knowledge about it — combined with the questions raised for several years now by the inevitable climate transition have led us to reconsider the issue of scientific communication and, in particular, the various types of meetings between researchers (seminars, symposia, conferences, digital social networks, etc.), some of which frequently involve long air travel. Indeed, the current situation has confronted us with both the absolute need to exchange knowledge and a communication means imposed by circumstances: teleconferences and giant “chats”. While their existence is fully justified at present, what about their future?

It is clear to any researcher that human encounters are a powerful driving force in science. They help to inspire research, to avoid taking a dead-end road already tried by others, to launch collaborations between researchers working on similar or identical questions, to appraise each other, to unofficially validate an experimental approach, and to corroborate or validate risky hypotheses before undertaking cumbersome and/or lengthy procedures. These meetings also help to establish contacts that will sometimes lead to a job, to prepare a career transition, and to set up postdoctoral stays for young researchers or a long-term stay in a renowned institution. This opportunity to meet must obviously be preserved. But, this obvious fact aside, should we not ask more questions about the purpose and effectiveness of our trips in the context of our research activities?

CHAPTER 1

MAJOR INTERNATIONAL CONFERENCES AND WORKSHOPS

Traditional peer-reviewed publications fail to meet many specific but important needs and situations: a time frame and review cycles (“refereeing”) that are sometimes far too long; the possible “barrier” put up by peers who can be extremely sceptical about a real innovation or brilliant concept; or a waste of resources and time if the path followed in the publication submitted has already been unsuccessfully explored (and therefore never published). On the other hand, taking part, via oral presentations or “posters” or a mixture of the two (“PICOs”), in this diverse range of symposia and seminars that have become established in different disciplines over time — and the rapid means of communication they offer — makes it possible to test the field and interact in a timely manner.

In addition, face-to-face discussion forums in small groups (workshops) allow for a very enriching exchange of ideas which is difficult to replace with written correspondence or online meetings.

Nevertheless, the internet has provided a practical alternative to some of these approaches by creating real dissemination and discussion forums that reduce the need for participants to travel and also facilitate the participation of researchers with limited travel budgets. Furthermore, a powerful accelerator compared to traditional publishing has evolved in the form of platforms — such as arXiv — which are open and free of charge (to authors and readers) and help disseminate prepublications quickly. Whilst their open and immediate nature has clear advantages, it is certainly not free of drawbacks: authors must be able to set a date very formally in order to be able to subsequently assert the anteriority of their discovery or invention, and must agree to expose themselves transparently to the criticisms and recommendations of their peers in the public eye rather than under the protection of editorial confidentiality.

It would therefore be in the interest of research and higher-education institutions to use reliable platforms that allow them to communicate easily at a distance, taking direct part in major international symposia. University institutions should be able to organise such events, just as they increasingly organise distance education and popularisation courses.

The working group further recommends that all the preprints for these symposia submitted on reliable, permanent archiving platforms that are free of charge to researchers be used to supplement the presentations or abstracts at many conferences. This archiving could be accompanied by a process of “refereeing” and reviewing articles, leading to the validation of a publication under the supervision of a scientific editorial board, with the contribution of the academies who would agree, where appropriate, to take responsibility for it.

Furthermore, the working group strongly stresses the need for any public-research publication or prepublication to be submitted on platforms that must remain freely and openly accessible. This effort should be tied in with, on the one hand, the current open-science gains made in Germany (where works by German researchers are funded through the payment of a lump sum to a number of publishers) and, on the other hand, with the negotiations around Plan S¹ which aims at a similar result across Europe, in parallel with “open” archiving support for research work funded by the European Union.

The working group also proposes that higher-education institutions and research bodies, like all public and private organisations, should be able to clarify their policy on international travel and assess how they can offset the greenhouse gas emissions they cannot reduce.

Of course, the proliferation of discussion forums and archiving platforms requires investing in hardware and software, and it too leads to energy consumption and therefore to greenhouse gas emissions as well as the consumption of other natural resources which has an impact on the environment.² It is therefore

¹ <https://anr.fr/fr/actualites-de-lanr/details/news/la-coalition-s-publie-la-version-finale-du-plan-s-et-de-son-guide-dapplication-pour-le-libre-acces/>.

“Plan S: Making Full and Immediate Open Access a Reality. Principles and Implementation”: <https://www.coalition-s.org/addendum-to-the-coalition-s-guidance-on-the-implementation-of-plan-s/principles-and-implementation/>.

² Cf. GELENBEE. & CASEAU Y., “The impact of information technology on energy consumption and carbon emissions”, *Ubiquity*, Association for Computing Machinery (ACM), June 2015, Article 1, <https://doi.org/10.1145/2755977>; CAMPANA M., CUEGNIET J., SCHMITT M., SIBEN C., “Réduire la consommation énergétique du numérique”, Rapport du Conseil général de l'économie, Nov. 2019, Paris: <https://www.economie.gouv.fr/cge/consommation-energieque-numerique>. See

not a “miracle solution” and here too a careful analysis of the energy cost-efficiency ratio is required.

also for example: *The Guardian*, 26/11/2019: “A new study commissioned by energy company OVO reckons Brits send more than 64 million unnecessary emails every day, and that if every adult in the UK sent one fewer ‘thank you’ email a day we would save more than 16,433 tonnes of carbon a year – equivalent to 81,152 flights to Madrid or taking 3,334 diesel cars off the road”; <http://www.fasterthanexpected.com/2019/11/26/pointless-emails-theyre-not-just-irritating-they-have-a-massive-carbon-footprint/>.

CHAPTER 2

TOWARDS SCIENTIFIC COMMUNICATION CORRIDORS IN EUROPE

Until now physical meetings in the field of research (seminars, symposia, conferences) were the norm, while virtual meetings were the exception. The COVID-19 crisis, however, has led to a rapid shift towards virtual meetings, the advantages and limitations of which everyone has been able to experience. One of these shortcomings is, by its very nature, the limiting of physical contact which is otherwise characteristic of human exchanges that are essential to research, despite (or thanks to) their informal and spontaneous expression (the virtues of coffee-break talks are well proven). We all know how much our ability to make progress in a research study “by chance” — thanks to an unexpected discovery, a sudden intuition, or serendipity — can benefit from such informal contacts and face-to-face meetings. However, a growing awareness of the need for more sustainable development has for the past few years spurred reflections on the trips linked to scientific events and on the partial alternative offered by virtual meetings. If exchanges between people — in the field of research as in all sectors of human activity — are essential to the development of knowledge and innovations our societies need, we will probably not be able to do without a combination of face-to-face and virtual meetings.

So we can envisage regular regional meetings and annual global meetings. For regional meetings, better use should be made of the many European cities connected by high-speed rail corridors which emit much fewer greenhouse gases than planes do (an average ratio of 1 to 20 according to the European Environment Agency). In addition, trains — whether “normal”, fast, or night ones — can be more convenient than planes if we take into account airport delays (access, security, check-in and waiting times), provided that their timetables and frequency are adequate.

Thus, in order to facilitate face-to-face contacts as well as limit the carbon footprint of research trips as much as possible, **the working group recommends that cycles of regional meetings be set up. In this case, and particularly in Europe, these meetings should be organised in places which are interesting hubs connected by fast rail corridors.** Global plenaries could be organised according to a hybrid model whereby some participants would be physically present while others would attend by teleconference. **There would thus be a hierarchy of meetings (local, regional, and global) that are clearly structured and able to limit energy-intensive travel.** Academies and their networks (ALLEA, ICSU, Euro-CASE, CAETS, EASAC, etc.) could become more involved in this kind of structuring in order to help develop appropriate logistics and the dissemination of knowledge, both at a high level between peers and in terms of intelligent popularisation and exchanges with citizens, NGOs, the public, and young people.

RESEARCH ASSESSMENT

Assessing researchers and research structures is an essential element of the research process in terms of both judging the quality of research and motivating researchers. When an assessment is due it must of course be carried out by competent peers, in accordance with international standards.

Admittedly, any qualitative review by experts is necessarily tinged with a certain degree of subjectivity which has often been blamed for the brake placed by peer review on the publication of ideas that are very innovative or even break with standard models. We must be aware of this and take it into account since peer review remains, rightly so, the golden rule of the scientific world. However, the contribution made by peers cannot be limited to calculating the various indirect indices supposed to account for the productivity or creativity of a researcher. It must consist of a genuine assessment of the real value of the publications, their contribution to science, and the researchers' personal contribution to the work overall, whatever their part in it. Indeed, a fair and balanced assessment, to the extent possible, should be based on the following criteria: (a) the relevance, transparency, and fairness of the assessments, and (b) the competence, integrity, and diversity of the assessors.

The 2012 San Francisco Declaration on Research Assessment (DORA) and the 2015 Leiden Manifesto were intended to improve assessment practices in recruiting, promoting, or assessing individual researchers. These documents, signed by numerous research and funding institutions, have alerted the world of research to the misuse of certain bibliometric indicators, mainly:

- the Journal Impact Factor (JIF), whose calculation method is biased in favour of certain journals and can be manipulated. Moreover, when it comes to the comparative assessment of researchers from very different fields it does not take into account the diversity of disciplinary practices;
- the total number of citations (using different sources), an indicator which is

often influenced by the number of articles and of co-authors, and may be of little relevance in some fields;

- the H index, a composite indicator supposed to simultaneously account for the number of a researcher's publications and their scientific impact. This appealingly simple index depends on the number of publications, the JIF, but also on the number of citations of a given publication and thus on the number of years that have passed since it came out as well as its influence over a long period of time. Unfortunately it suffers from the same defect as the JIF on which it is partly based, while placing great importance on the number of publications, which tends to lead to the production of an abnormal quantity of articles with minimal added value. Overcoming this aberration, which has ended up saturating the peer-review process by eroding its quality and has led to a proliferation of commercially-oriented journals which require authors to pay to be published, is now a must.

Thus, the principles of open science require assessment which is based on multiple, essentially qualitative, criteria and is done by peers. This is a long and sometimes tedious task which in many cases requires more skill, effort, and analytical rigour than the mere addition of rather meaningless figures. It should not be carried out too often given its arduous nature: about once every five years seems reasonable. It should not be reduced to publication indicators even though publications remain an essential criterion for assessing dossiers. An abundance of publications — and the number of co-authors per article — is not necessarily a reliable measure of the quality of a researcher or of the importance of a research project, even if the absence of publications is practically disqualifying and a low number of publications compared to research seniority certainly calls for a vigilant examination of someone's real contribution, which may nevertheless prove to be significant.

In most cases self-assessment can contribute to this more qualitative approach in the initial phase of the process. In a self-assessment dossier, those who are being assessed are asked to select their major works¹ and, above all, to explain this selection: the scope and impact of a publication, their personal contribution. All works cited must be accessible in an open institutional archive. Researchers should be allowed to publish their manuscripts by uploading them to a prepublication server before submitting them for peer review; in this way they can elicit

¹ This approach helps tackle the unhealthy tendency to publish excessively for the sole purpose of increasing one's H index.

comments from the scientific community which they may take into account when making possible amendments. This is already the case in physics, mathematics, or economics. It is important that funding bodies and other stakeholders encourage this prepublication principle. And, once it has been accepted in its final form and as soon as the publisher allows it, any published document must be placed on an open-access institutional server.

We can see that open science can play a central role in research assessment. This fact must be taken into account by all actors: researchers, laboratories, research-funding bodies, and publishers. The situation is changing, slowly but in the right direction, and the role of academies is to encourage this change.

Finally, assessment methods should be part of the doctoral training of all researchers. Indeed, they touch on the issue of scientific integrity which is an essential part of the research profession.

Thus, the working group reaffirms the centrality of the peer assessment of researchers and research structures in the process of developing the quality of research, as well as in motivating researchers. However, these assessments should not be too frequent so as to maintain their importance: every five years would be reasonable. They should obviously be carried out in accordance with international standards, in compliance with requirements of transparency, collegiality, and equal treatment, and by eminent peers from outside the structure being assessed or who have no professional relationship with the researcher whose dossier is being reviewed.

It is important to consider the specificities of each disciplinary field and to take into account criteria other than publication alone, such as a desire for openness (free access to publications as well as to research data, etc.), the results obtained in the doctoral training of young researchers, the time devoted to training researchers, or the contribution to the scientific community at a local, national, and international level.

It is also important to pay attention to the wording of the questions put to the experts. A process which tries to obtain clear answers on specific points, often used by major American universities in the assessment of teacher-researchers, could inspire the questions submitted to the assessors. When assessing a researcher, laboratory, organisation, or research programme it may be useful to look at the following:

- a. What are the few important results obtained by the researcher (or laboratory, etc.) during the period under assessment, including details about the relevant publications?

- b. What new questions has the researcher (or laboratory, etc.) asked or worked and published on?
- c. What are the group projects to which the researcher (or the laboratory, etc.) has contributed or in which they have demonstrated intellectual or organisational "leadership"?
- d. What are the important services and contributions of the researcher (or laboratory, organisation, or research programme) to the international, national, institutional, and regional scientific community, or to business?

THE CARBON FOOTPRINT OF ACADEMIC COMMUNICATION, TRAINING, AND EXCHANGES

Universities and research bodies, just like society as a whole, are increasingly aware of the importance of climate transition. They are thus striving to better work out the carbon footprint of their activities, set their priorities in this area, and reduce their consumption of non-renewable energy and their CO₂ emissions. Some institutions in Europe and elsewhere, such as the EPFL or the great University of British Columbia, have even taken the initiative of publishing annual reports on this subject.

These show that commuting and business travel account for more than 50% of the CO₂ impact of these institutions. The much-encouraged globalisation of university training and academic exchanges leads to a large number of plane trips which consequently have a significant impact on emissions, often amounting to 30% or more of the total.

However, the relative difficulty of such assessments can easily be seen from a few examples. Thus, sending around 30 emails a day for a year results in the emission of around 600 kg of CO₂, which is equivalent to around 50% of the annual emissions of a citizen of India; while the purchase of €5,000 worth of IT equipment represents the emission of around 2.8 tonnes of CO₂ (without counting the CO₂ impact of its operation), which is greater than the 2.2 tonnes of CO₂ per passenger on a return journey between Brussels and Beijing.¹ In these assessments, the many trips made by students to join their families when the latter live in a different country or city are rarely taken into account, despite the fact that students are an essential part of a university's community. Indeed, a European institution hosting 1,000 North or South American and Asian students expected to return home twice

¹ <https://www.carbonfootprint.com/measure.html>.

a year would add around 4,400 tonnes of CO₂ to its carbon footprint; this is equivalent to the trips made by 420 "frequent-flyer" teacher-researchers, each of whom would fly twice a year to Asia, twice to the USA, and four times to Europe.²

An objection could be raised that, compared to various human activities such as leisure, the carbon footprint of researchers and scientific institutions remains marginal. But we should probably not overlook how crucially important is the example set by the scientific community who makes the very recommendations aimed at drastically reducing greenhouse gas emissions.

Therefore, the working group suggests that research institutions and organisations, like all public and private bodies, should be able to publish annual reports on their energy consumption as well as an estimate of their CO₂ footprint. The CO₂ footprint of universities could include staff and student commuting, but also an estimate of the CO₂ footprint of student and staff travel, clearly showing, by way of offset, the relevance of their contribution to the institutions' strategy, including their internationalisation and globalisation objectives.

² *Ibidem.*