



Frontières génétiques pour la conservation

Une évaluation de la biologie de synthèse et de la conservation de la biodiversité

Synthèse et messages clés



UNION INTERNATIONALE POUR LA CONSERVATION DE LA NATURE

À propos de l'UICN

L'UICN, Union Internationale pour la Conservation de la Nature, est une union unique de Membres composée de gouvernements et d'organisations de la société civile. Elle offre aux organisations publiques, privées et non-gouvernementales les connaissances et les outils nécessaires pour que le progrès humain, le développement économique et la conservation de la nature se réalisent en harmonie.

Créée en 1948, l'UICN est aujourd'hui le réseau environnemental le plus important et le plus diversifié au monde. Elle compte avec l'expérience, les ressources et le poids de ses 1 300 organisations Membres et les compétences de plus de 13 000 experts. Elle fait autorité en ce qui concerne les données, les évaluations et les analyses en matière de conservation. La diversité de ses Membres font de l'UICN un incubateur et un référentiel fiable pour les bonnes pratiques, les outils et les normes internationales.

L'UICN offre un lieu de débat neutre où diverses parties prenantes, y compris les gouvernements, les ONG, les scientifiques, les entreprises, les communautés locales, les organisations des peuples autochtones et autres peuvent travailler ensemble à l'élaboration et à la mise en œuvre de solutions aux défis environnementaux et parvenir à un développement durable.

En collaboration avec de nombreux partenaires et supporters, l'UICN met en œuvre un vaste portefeuille de projets de conservation dans le monde entier. Associant les connaissances scientifiques les plus pointues et le savoir traditionnel des communautés locales, ces projets visent à mettre un terme à la disparition des habitats, à restaurer les écosystèmes et à améliorer le bien-être des populations.

www.iucn.org/fr

<https://twitter.com/IUCN/>

A propos du Groupe de travail de l'UICN sur la biologie de synthèse et la conservation de la biodiversité

Le Groupe de travail de l'UICN sur la biologie de synthèse et la conservation de la biodiversité et le Sous-groupe technique qui lui est associé ont été établis pour accomplir les tâches énoncées dans la résolution WCC-2016-Res-086 du Congrès mondial de la nature 2016. Cette résolution invitait (en partie) la Directrice générale et les Commissions à réaliser une évaluation afin de :

examiner les organismes, composantes et produits issus de techniques de biologie de synthèse ainsi que les incidences de leur production et de leur exploitation, lesquelles pourront avoir des effets positifs ou négatifs sur la conservation et l'utilisation durable de la diversité biologique, ainsi que différentes questions connexes d'ordre social, économique, culturel et éthique...

Elle invitait également la Directrice générale et les Commissions à, de toute urgence :

évaluer les incidences des techniques de forçage génétique et autres techniques apparentées et leurs effets possibles sur la conservation et l'utilisation durable de la diversité biologique ainsi que le partage équitable des avantages découlant des ressources génétiques...

Cette évaluation est le résultat des travaux du Sous-groupe technique, sous la direction du Groupe de travail, les deux ayant été établis en janvier 2018.

<https://www.iucn.org/synbio>

Frontières génétiques pour la conservation

Une évaluation de la biologie de synthèse et de la conservation de la biodiversité

Synthèse et messages clés

La terminologie géographique employée dans cet ouvrage, de même que sa présentation, ne sont en aucune manière l'expression d'une opinion quelconque de la part de l'UICN sur le statut juridique ou l'autorité de quelque pays, territoire ou région que ce soit, ou sur la délimitation de ses frontières ou de ses limites.

Les opinions exprimées dans cette publication ne reflètent pas nécessairement celles de l'UICN.

L'UICN rejette toute responsabilité en cas d'erreurs ou d'omissions intervenues lors de la traduction en français de ce document dont la version originale est en anglais. En cas de divergences, veuillez vous référer à l'édition originale. Titre de l'édition originale : *Genetic frontiers for conservation: An assessment of synthetic biology and biodiversity conservation*. Synthesis and key messages. (2019). Publié par : UICN, Gland, Suisse. DOI: <https://doi.org/10.2305/IUCN.CH.2019.04.en>

L'Office fédéral suisse de l'environnement, l'Institut Luc Hoffmann du Fond mondial pour la nature – International, le ministère français de la Transition écologique et inclusive et la Fondation Gordon et Betty Moore ont apporté leur soutien financier au développement de cette évaluation, rédigée sur la base des discussions tenues au Jesus College de Cambridge, Royaume-Uni (avril 2018), à l'Instituto de Pesquisas Ecológicas de Nazaré Paulista, Brésil (juillet 2018) et dans les bureaux de l'UICN à Washington D.C. (novembre 2018).

Nous remercions les autres membres du Groupe de travail de l'UICN sur la biologie de synthèse et la conservation de la biodiversité et ceux de son Sous-groupe technique : Drew Endy, Sonia Peña Moreno, Gernot Segelbacher, Cyriaque Sendashonga, Risa Smith, Simon Stuart, Wei Wei et Anne Gabrielle Wüst Saucy. Nous sommes également très reconnaissants à Carolyn Pereira Force, Roisin Gorman, Sarah McKain, Deborah Murith, Leonor Ridgway, Melanie Ryan et Victoria Romero pour leur soutien. Un grand merci à Owain Edwards, Kate Jones, Alfred Oteng-Yeboah et à tous les experts ayant révisé le manuscrit, ainsi qu'à l'Institut Luc Hoffmann pour nous avoir permis de mener plus rapidement à bien ce travail.

Références traçables Les références de chapitre indiquées entre crochets (par exemple {2.3.1, 2.3.1.2, 2.3.1.3}) sont des références traçables qui renvoient à des sections des chapitres de *Frontières génétiques pour la conservation : une évaluation de la biologie de synthèse et de la conservation de la biodiversité. Évaluation technique* (<https://doi.org/10.2305/IUCN.CH.2019.05.fr>). Une référence traçable est une description, dans les textes correspondants de ces chapitres, reflétant l'évaluation du type, quantité, qualité et cohérence des données factuelles, ainsi que le niveau de consensus de la déclaration ou message clé en question.

Publié par : UICN, Gland, Suisse

Droits d'auteur : © 2019 UICN, Union internationale pour la conservation de la nature et des ressources naturelles

La reproduction de cette publication à des fins éducatives ou non-commerciales est permise sans autorisation écrite préalable du détenteur des droits d'auteur à condition que la source soit intégralement citée.

La reproduction de cette publication à des fins commerciales, notamment en vue de la vente, est interdite sans autorisation écrite préalable du détenteur des droits d'auteur.

Citation : UICN (2019). *Frontières génétiques pour la conservation : une évaluation de la biologie de synthèse et de la conservation de la biodiversité*. Synthèse et messages clés. Gland, Suisse : UICN. viii + 16pp.

ISBN : 978-2-8317-2024-1 (PDF)

DOI : <https://doi.org/10.2305/IUCN.CH.2019.04.fr>

Illustration de couverture : Travailler avec les outils de la biologie de synthèse représentera un certain nombre de défis et d'opportunités pour la conservation, entraînant des répercussions dans l'ensemble du monde naturel, impactant les espèces et les écosystèmes discutés en tant qu'études de cas dans l'évaluation complète « Frontières génétiques pour la conservation » : oiseaux insulaires endémiques (en haut à gauche), rongeurs envahissants dans les îles (en bas à gauche), putois à pieds noirs (en bas à droite), abeilles mellifères (à gauche), limules (en haut à droite) et bien d'autres.

Direction créative, conception et mise en page : Nadine Zamira Syarief, Abiyasa Adiguna Legawa, Raisa Ramdani, Dwita Alfiani Prawesti

Traduction et relecture : INTUITIV, sl – www.intuitivme.com

Disponible auprès de : UICN (Union internationale pour la conservation de la Nature)
Rue Mauverney 28
1196 Gland
Suisse
Tel +41 22 999 0000
Fax: +41 22 999 0002
www.iucn.org/resources/publications

Table des matières

Préface	v
Déclaration de principes du Groupe de travail de l’UICN sur la biologie de synthèse et la conservation de la biodiversité	vii
Contributeurs	viii
Synthèse	1
Qu’est-ce que la biologie de synthèse ?	5
Applications potentielles de la biologie de synthèse à la conservation de la biodiversité	9
Données factuelles	10
La voie à suivre	11
Coda	12
Messages clés	13
Références	16

Préface

La recherche sur l'ADN a entraîné une explosion extraordinaire des connaissances. Le développement récent et rapide des technologies de séquençage et d'édition génétiques a conduit à la création d'une nouvelle génération d'outils. L'ensemble des technologies permettant à l'homme de modifier les gènes des organismes afin qu'ils fassent ce que ceux-ci veulent et non ce que ces organismes feraient normalement, par exemple la création de levures capables de fabriquer du plastique ou des médicaments humains, est appelé « biologie de synthèse ». Une active discussion internationale est en cours sur la meilleure façon de définir ce domaine de recherche.

Les scientifiques disposent aujourd'hui d'outils qui, en principe, pourraient leur permettre de modifier la composition génétique de presque toutes les espèces, y compris, mais aussi bien au-delà de la manipulation d'un seul gène. L'ADN peut être copié sous forme numérique, réarrangé, retransformé sous forme organique, puis réintroduit dans les cellules vivantes pour tenter de renforcer ou de créer telle ou telle caractéristique jugée positive ou d'éliminer celles qui posent problème. Ces nouvelles technologies, en plein essor, ouvrent des possibilités intéressantes dans de nombreux domaines, y compris de nouvelles formes de conservation, mais soulèvent également des questions importantes et des défis complexes.

C'est à la fois une profonde préoccupation et un enthousiasme mitigé qui ont conduit l'UICN à demander une évaluation générale de l'état actuel de la science et des politiques concernant les techniques de biologie de synthèse en relation avec la biodiversité. L'objectif de cette évaluation est donc de fournir une compréhension claire, fondée sur les meilleures données disponibles, des questions relatives à la biologie de synthèse pouvant être utiles ou avoir un impact positif ou négatif sur la conservation et l'utilisation durable de la diversité biologique. Réalisée par une équipe internationale de chercheurs et de

praticiens, cette évaluation répond, en partie, à une résolution de l'UICN adoptée lors du Congrès mondial de la nature de l'UICN 2016 : « Élaboration d'une politique de l'UICN sur la conservation de la biodiversité et la biologie de synthèse » (WCC-2016-Res-086).

Les applications de la biologie de synthèse pour la conservation n'en sont qu'à leurs débuts. Il était donc plus difficile, mais encore plus essentiel, de recourir à une approche factuelle dans le cadre de cette évaluation. Les débats politiques impliquant nécessairement des jugements de valeurs et des préférences, les revendications en faveur ou contre la biologie de synthèse principalement inspirées de ceux-ci devaient être différenciées de celles fondées sur les faits. Cette évaluation vise donc à éclairer la situation de ce domaine d'étude, sur la base des avantages et inconvénients potentiels pouvant être discernés à ce jour. Elle ne peut pas être considérée, ni ne prétend être, une évaluation complète des risques. Le but de la présente évaluation est plutôt d'éclairer les délibérations futures et de mieux comprendre les différentes façons dont les données concernant l'impact potentiel de la biologie de synthèse sur la conservation sont générées, utilisées et interprétées.

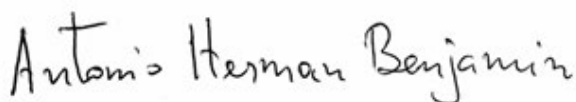
Cette évaluation est le point de départ d'un processus qui conduira à l'élaboration d'une politique de l'UICN visant à guider la Directrice générale, les Commissions et les Membres de l'Union. Le projet de politique sera discuté dans de nombreux forums avant d'être soumis au vote lors du Congrès mondial de la nature 2020. Compte tenu de l'impact potentiel des découvertes scientifiques et des décisions politiques à venir, ainsi que de la nécessité de vastes partenariats afin de relever les défis auxquels les communautés de la biologie de synthèse et de la conservation seront inévitablement confrontées, il est essentiel que le public accorde une attention beaucoup plus importante à la question de la biologie de synthèse et la conservation de la biodiversité.



Inger Andersen
Directrice générale de l'UICN



Angela Andrade
Présidente de la Commission de gestion des écosystèmes de l'UICN



Antonio Herman Benjamin
Président de la Commission mondiale du droit de l'environnement de l'UICN



Kathleen MacKinnon
Présidente de la Commission mondiale des aires protégées de l'UICN



Jon Paul Rodríguez
Président de la Commission de la sauvegarde des espèces de l'UICN



Sean Southey
Président de la Commission de l'éducation et de la communication de l'UICN



Kristen Walker-Painemilla
Présidente de la Commission des politiques environnementales, économiques et sociales de l'UICN

Déclaration de principes du Groupe de travail de l'UICN sur la biologie de synthèse et la conservation de la biodiversité

Compte tenu de la complexité du sujet et de ses impacts positifs et négatifs sur et au-delà de la communauté mondiale de la conservation, cette évaluation s'appuie sur les valeurs et processus éprouvés de l'UICN afin de fournir une ressource partagée et fiable pour les délibérations futures.

Lors de la préparation de cette évaluation, au nom des Membres de l'UICN, le Sous-groupe technique s'est efforcé de respecter les principes suivants :

Objectivité : évaluer les données disponibles et s'efforcer de minimiser et d'équilibrer les préjugés subjectifs ;

Inclusion : reconnaître et tenir compte de toute la diversité des points de vue et des intérêts ;

Robustesse : s'assurer que toutes les conclusions soient fondées sur un raisonnement clair ;

Humanité : interagir avec toutes les parties intéressées de façon respectueuse et honnête ;

Transparence : veiller à ce que le processus de mise en œuvre et tous les résultats finaux qui en découlent soient accessibles librement ;

Consultation : donner à toutes les parties intéressées l'occasion significative de participer au processus, et répondre à toutes les requêtes officielles.

Ce travail a été réalisé sous l'égide du Code de conduite des Commissions de l'UICN et du Code de conduite du Secrétariat de l'UICN.

Contributeurs

Auteurs de l'évaluation et leur affiliation

Les affiliations sont uniquement indiquées à des fins d'identification et n'impliquent pas l'approbation des institutions correspondantes.

Jonathan S. Adams, Pangolin Words, États-Unis

Luke Alphey, Institut Pirbright, Royaume-Uni

Elizabeth L. Bennett, Wildlife Conservation Society, États-Unis

Thomas M. Brooks, UICN, Suisse

Jason Delborne, Université d'État de Caroline du Nord, États-Unis

Hilde Eggermont, Plateforme belge pour la biodiversité, Belgique

Kevin Esvelt, Laboratoire Médias de l'Institut de technologie du Massachusetts, États-Unis

Ann Kingiri, Centre africain d'études technologiques, Kenya

Adam Kokotovitch, Université d'État de Caroline du Nord, États-Unis

Bartłomiej Kolodziejczyk, Université de Stockholm, Suède

Todd Kuiken, Université d'État de Caroline du Nord, États-Unis

Nicholas B. W. Macfarlane, UICN, États-Unis

Aroha Te Pareake Mead, Ngāti Awa, Ngāti Porou, Nouvelle-Zélande

Maria Julia Oliva, Union for Ethical BioTrade, Pays-Bas

Edward Perello, Arkurity, Royaume-Uni

Kent H. Redford, Archipelago Consulting, États-Unis

Lydia Slobodian, UICN, Allemagne

Delphine Thizy, Target Malaria, Royaume-Uni

Daniel M. Tompkins, Predator Free 2050, Nouvelle-Zélande

Gerd Winter, Université de Brême, Allemagne

Auteurs des études de cas et des encadrés

(Sauf indication contraire, les encadrés sont rédigés par les auteurs de chapitres)

Luke Alphey, Pirbright Institute, Royaume-Uni

Karl Campbell, Island Conservation, Équateur

Johanna E. Elsensohn, Université d'État de Caroline du Nord, États-Unis

Chris Farmer, American Bird Conservancy, États-Unis

Reid Harris, Université James Madison, États-Unis

Nick Holmes, Island Conservation, États-Unis

Brad Keitt, American Bird Conservancy, États-Unis

Phil Leftwich, Pirbright Institute, Royaume-Uni

Tom Maloney, Revive & Restore, États-Unis

Daniel Masiga, Centre international de physiologie et d'écologie des insectes, Kenya

Andrew E. Newhouse, Collège des sciences de l'environnement et de la foresterie, États-Unis

Ben Novak, Revive & Restore, États-Unis,

Ryan Phelan, Revive & Restore, États-Unis

William A. Powell, Université d'État de New York, États-Unis

Louise Rollins-Smith, Université Vanderbilt, États-Unis

Delphine Thizy, Target Malaria, Royaume-Uni

Madeleine van Oppen, Université de Melbourne, Australie

Synthèse

Le châtaignier d'Amérique

dominait autrefois les forêts de l'est de l'Amérique du Nord, le long des Appalaches, du Maine à l'Alabama, chevauchant les territoires historiques de nombreuses tribus amérindiennes. La légende disait qu'un écureuil pouvait aller de l'Océan Atlantique jusqu'au fleuve Mississippi sans poser un pied à terre, en se déplaçant simplement d'un châtaignier à l'autre. L'arbre majestueux, à croissance rapide, fournissait un abri et un habitat à d'innombrables espèces, ainsi que du bois, de la nourriture et des médicaments à de nombreuses générations de communautés autochtones et euro-américaines. Une légende iroquoise, « Hodadenon : le dernier survivant et le châtaignier », célèbre le châtaignier comme une source de nourriture vitale qui, « comme toute autre bonne chose nous étant donnée par Hawenio, notre Créateur, n'appartient plus à une seule famille, quelle que soit sa puissance, mais nous est donné à tous en partage » (Freinkel, 2009).

Puis, en moins d'un demi-siècle, presque tous les châtaigniers disparurent. Un champignon originaire d'Asie orientale arriva au début du XXe siècle et se propagea rapidement, tuant des milliards d'arbres. Il ne reste aujourd'hui presque plus de châtaigniers adultes. L'arbre n'existe pratiquement plus que sous forme de petits arbustes isolés, ne poussant que de quelques pieds avant de succomber à ce fléau.

Les efforts visant à restaurer le châtaignier à son aire de répartition historique ont débuté il y a des décennies. L'approche initiale consistait en un élevage sélectif classique : croiser des châtaigniers d'Amérique avec l'espèce asiatique, naturellement résistante au champignon, puis croiser leur

progéniture encore et encore afin de créer un hybride presque entièrement américain, mais possédant les gènes résistants de son cousin asiatique. Cette méthode est prometteuse, mais comporte également des limites, comme le fait que plusieurs gènes contrôlent la résistance. L'hérédité ne peut donc jamais être certaine et l'hybride ne sera probablement jamais aussi résistant que l'espèce asiatique.

Il existe pourtant une autre approche. De nombreuses autres espèces végétales contiennent des gènes produisant une enzyme qui détruit le composé que le champignon produit et qui tue les châtaigniers. Grâce à agrobacterium, une biotechnologie de transfert de gènes de première génération, les chercheurs ont pu transplanter un gène de l'enzyme à partir du blé dans des châtaigniers d'Amérique, créant ainsi un arbre génétiquement modifié résistant au champignon. Ces arbres ont déjà été plantés dans le cadre d'essais forestiers expérimentaux, et une fois le processus officiel d'approbation réglementaire terminé, ils pourraient être plantés dans des forêts d'où les châtaigniers ont disparu il y a des décennies.

Le châtaignier d'Amérique génétiquement modifié provient d'une technologie établie de longue date, mais son utilisation dans le cas du châtaignier d'Amérique est une application entièrement nouvelle qui soulève d'importantes questions scientifiques, juridiques, éthiques et politiques. Quelles seront les implications de cette réintroduction pour les communautés écologiques s'étant développées après la disparition du châtaignier ? La restauration des communautés naturelles pré-fongiques est-elle seulement possible aujourd'hui, compte tenu des prédictions de changement climatique ? Des problèmes de santé humaine ou animale pourraient-ils apparaître du fait de la consommation de châtaignes d'arbres génétiquement modifiés ? Que pensent les communautés amérindiennes, qui dépendaient autrefois beaucoup des châtaigniers, de cette perspective de restauration, et que pouvons-

nous apprendre des efforts continus pour impliquer ces communautés, ainsi que d'autres, conservant des relations historiques avec la forêt ? Compte tenu de ces questions, la reproduction sélective continue pourrait-elle représenter une meilleure option ?

Certaines parties prenantes, préoccupées, s'opposent à la libération proposée du châtaignier d'Amérique génétiquement modifié, au motif que si celle-ci était approuvée, elle constituerait la première légalisation d'un arbre forestier génétiquement modifié aux États-Unis et la première autorisation de libération dans la nature destinée à restaurer un arbre écologiquement important dans la forêt. Certains observateurs font valoir que les nécessaires études à long terme n'ont pas été réalisées et que la façon dont ces arbres potentiellement longévifs interagissent avec les forêts de l'est des États-Unis reste donc inconnue.

Ce type de défis et d'opportunités sont parmi ceux qui ont conduit l'Union internationale pour la conservation de la nature (UICN) à demander une évaluation générale de l'état actuel de la science et des politiques entourant les techniques de biologie de synthèse en relation avec la biodiversité. L'objectif de cette évaluation est donc d'identifier les types d'applications et de produits de la biologie de synthèse susceptibles d'avoir un impact négatif ou positif sur la conservation et l'utilisation durable de la diversité biologique. Réalisée par une équipe internationale de praticiens et de chercheurs, l'évaluation reprend les termes d'une résolution de l'UICN adoptée lors du Congrès mondial de la nature de l'UICN 2016 : « Élaboration d'une politique de l'UICN sur la conservation de la biodiversité et la biologie de synthèse » (WCC-2016-Res-086). Cette résolution appelle notamment la Directrice générale et les Commissions de l'UICN à :

- *examiner les organismes, composantes et produits issus de techniques de biologie de synthèse ainsi que les incidences de leur production et de leur exploitation, lesquelles pourront avoir des effets positifs ou négatifs sur la conservation et l'utilisation durable de la diversité biologique, ainsi que différentes questions connexes d'ordre social, économique, culturel et éthique ;*

- *évaluer les incidences des techniques de forçage génétique¹ et autres techniques apparentées et leurs effets possibles sur la conservation et l'utilisation durable de la diversité biologique, ainsi que le partage équitable des avantages découlant des ressources génétiques ;*

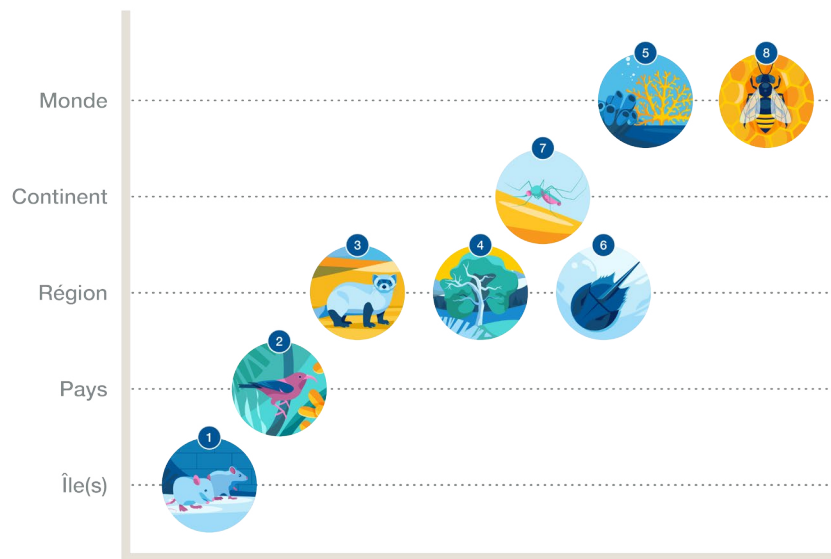
Cette évaluation cherche à mettre en œuvre ces deux mandats en prenant comme point de départ l'approche utilisée par la Plateforme intergouvernementale sur la biodiversité et les services écosystémiques (IPBES). Les évaluations de l'IPBES « synthétisent et évaluent de façon critique la littérature scientifique validée, la documentation parallèle et autres connaissances disponibles, telles les connaissances autochtones et locales. Les études de l'IPBES comprennent une évaluation et une synthèse, ainsi qu'une analyse et un jugement d'experts sur les connaissances disponibles » (Scholes et al., 2018).

Bon nombre des applications de la biologie de synthèse et des systèmes d'impulsion génétique, qu'ils soient destinés ou non à affecter directement la biodiversité, n'en sont qu'à leurs premières étapes de développement. Cela supposait plusieurs défis pour la présente évaluation. Tout d'abord, cela signifie que le but de cette évaluation n'est pas de vérifier des hypothèses existantes, mais de recueillir toute information pouvant aider à formuler de nouvelles hypothèses. Cela tend à orienter l'évaluation vers une analyse narrative plutôt que systématique (Cook et al., 2017). Chacune de ces approches présente des points forts et des points faibles, mais les analyses systématiques peuvent être difficiles à appliquer à des questions complexes ou ouvertes comme l'application de la biologie de synthèse à la conservation de la biodiversité (Westgate & Lindenmayer, 2017).

Le deuxième défi auquel l'évaluation était confrontée a trait aux sources d'information et de données factuelles concernant les applications nouvelles et émergentes de la biologie de synthèse. Étant donné que la plupart de ces applications ne se trouvent qu'à un stade conceptuel ou à leurs premiers stades de développement, le Sous-groupe technique a choisi d'utiliser des études de cas en complément de l'analyse

¹ Nous utilisons ici « impulsion génétique » comme traduction du terme anglais « gene drive ». Le terme « forçage génétique » a été utilisé dans la Résolution WCC 2016 Res 086.

Études de cas des projets de biologie de synthèse selon leur échelle d'application



- 1 Eradiquer les rongeurs envahissants dans les îles.
- 2 Contrôler les moustiques envahissants pour éviter les extinctions d'oiseaux à Hawaï.
- 3 La biologie de synthèse pour contrer les menaces pour la conservation du putois à pieds noirs.
- 4 Possible restauration forestière à partir d'un châtaignier d'Amérique transgénique.
- 5 Coraux et adaptation au changement climatique / à l'acidification.
- 6 Substitution de la limule dans le test du lysat d'améboocytes.
- 7 Approche basée sur l'impulsion génétique pour la suppression du vecteur du paludisme en Afrique.
- 8 Répondre à l'effondrement des colonies d'abeilles mellifères.

Figure 1 Études de cas des projets de biologie de synthèse selon leur échelle d'application

narrative principale. Les auteurs de ces études de cas ont été choisis pour leur connaissance détaillée de ces applications particulières, dont la plupart n'en sont qu'à leurs premiers stades de développement. Cette expertise apporte une certaine profondeur à l'analyse, mais implique également que, de par sa nature même, chaque contribution soit façonnée par un engagement et une passion à relever les défis importants en matière de conservation qu'elle prétend résoudre en explorant la faisabilité de technologies particulières. Les coordinateurs de l'évaluation ont donc ajouté de plus amples détails à certaines de ces études de cas, concernant les effets négatifs potentiels et les considérations socio-économiques plus générales.

Cette évaluation n'est pas, et ne peut pas être considérée comme, une évaluation des risques, mais fait partie du processus par lequel l'UICN développera

une politique approuvée par ses Membres concernant la biologie de synthèse et la conservation. En outre, cette évaluation pourrait aider à ouvrir la voie vers des décisions éclairées par des études empiriques examinant l'efficacité, les avantages et les risques potentiels de la biologie de synthèse. Le Groupe de travail de l'UICN sur la biologie de synthèse et la conservation de la biodiversité et le Conseil de l'UICN espèrent un engagement continu des communautés de la conservation et de la biologie de synthèse autour des résultats de cette évaluation et de la façon dont elle affecte le projet de politique.²

Par définition, toute conclusion quant à l'impact potentiel de la biologie de synthèse sur la conservation de la biodiversité reste incertaine. En conséquence, la Convention sur la diversité biologique (CDB) applique explicitement le principe de précaution à

² la date limite pour inclusion de documents sous presse et de données non-publiées dans cette évaluation était le 16 novembre 2018.

la biologie de synthèse (voir Chapitre 2). Rien dans la présente évaluation ne devrait être considéré comme incompatible avec ce principe.

Cette évaluation a été finalisée au début du mois de décembre 2018, mais la discussion autour de la biologie de synthèse et de la conservation et l'utilisation durable de la diversité biologique se poursuit à l'échelle mondiale, nationale et au sein des communautés dans le monde entier. Lors de la Conférence des Parties (CDP) de la CDB, en novembre 2018, ce sujet était au centre des débats. La CDP a pris deux décisions pertinentes pour cette évaluation :

1. Les Parties ont reconnu que la biologie de synthèse présentait des avantages et des effets néfastes potentiels pour la diversité biologique, ont prolongé les travaux du Groupe spécial d'experts techniques et ont demandé aux Parties, aux autres gouvernements et aux organisations compétentes de continuer à échanger des informations sur ces effets positifs et négatifs. Dans la même décision, les Parties ont également demandé l'application du principe de précaution en ce qui concerne l'impulsion génétique et ont convenu que les Parties et autres gouvernements ne devraient envisager d'introduire des éléments d'impulsion génétique dans l'environnement que lorsque des évaluations des risques au cas par cas ont été réalisées, que des mesures de gestion des risques ont été mises en place et, s'il y a lieu, que le « consentement préalable et éclairé », le « consentement libre, préalable et éclairé » ou « l'approbation et participation » des populations autochtones et des communautés locales susceptibles d'être affectées a été recherché ou obtenu, le cas échéant, conformément aux conditions et à la législation nationales.
2. Les Parties ont noté la divergence de points de vue concernant les informations de séquençage numérique et la diversité biologique, et ont mis en place un processus visant à clarifier le concept et à envisager des arrangements relatifs au partage des bénéfices.

Deux autres facteurs contextuels importants entourant le présent rapport doivent être pris en compte.

Le premier est que la polarisation caractérisant le débat sur ce que l'on peut appeler les organismes génétiquement modifiés de « première génération » (principalement des caractéristiques de résistance aux insectes et de tolérance aux herbicides obtenues par génie génétique dans les cultures agricoles) informe le contexte des nouvelles applications de la biologie de synthèse ainsi que ce rapport. La polarisation autour des organismes génétiquement modifiés, c'est-à-dire que tous les OGM sont soit sûrs et bénéfiques, soit dangereux et nuisibles, rend difficile une discussion nuancée sur les conditions conduisant à une utilisation bénéfique ou préjudiciable (par exemple, comment la technologie est-elle conçue et testée ? Quel est le contexte social, économique, politique et écologique ? Qui est impliqué dans la prise de décision ?).

Le deuxième est que l'une des principales préoccupations exprimées par les groupes critiques quant à l'application de la biologie de synthèse à la conservation, est que celle-ci pourrait servir de « cheval de Troie » à d'autres applications de la biologie de synthèse. En d'autres termes, les applications de la biologie de synthèse qui semblent bénéfiques pour l'environnement pourraient conduire les acteurs de la société, les régulateurs gouvernementaux et le public, de manière plus générale, à se tourner vers des applications plus discutables de la biologie de synthèse, telles que des objectifs militaires ou la consolidation du contrôle des systèmes agricoles.

Ce rapport vise à promouvoir des discussions nuancées sur l'avenir de la biologie de synthèse pour la conservation. Pour ce faire et pour répondre aux deux points soulevés ci-dessus, il se base sur l'hypothèse que les utilisations potentielles de la biologie de synthèse doivent être considérées au cas par cas. Le fait qu'une application puisse être bénéfique dans un certain contexte social, politique, économique et écologique ne devrait pas laisser présager qu'elle le sera également dans un autre contexte ou qu'une autre application de la biologie de synthèse, complètement différente, puisse être plus bénéfique. Des applications différentes ne peuvent pas être amalgamées et les jugements polarisés consistant à regrouper toutes les applications dans un même jugement sommaire doivent être évités. Les Chapitres 2 et 3 abordent plus en détail les tensions et défis auxquels cette

Exemples de coûts et bénéfices potentiels des applications de la biologie de synthèse pour la conservation

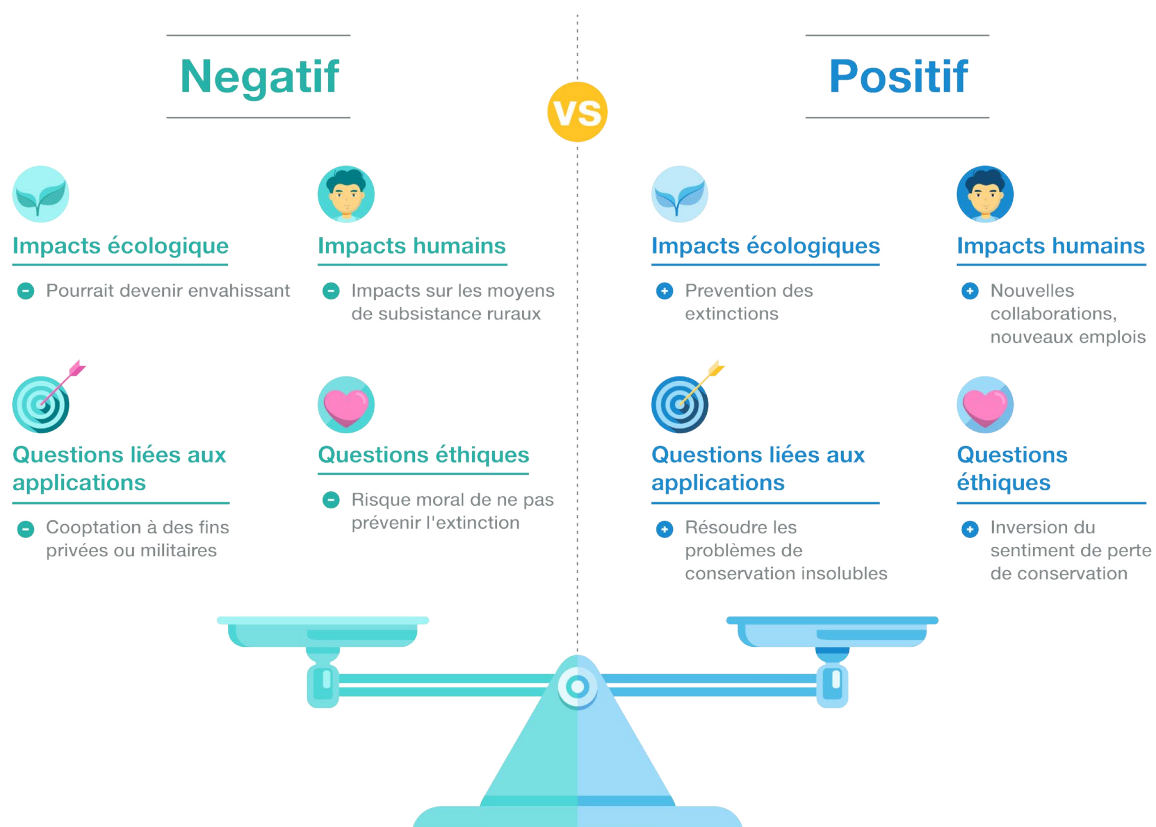


Figure 2 Exemples de coûts et bénéfices potentiels des applications de la biologie de synthèse pour la conservation

approche est confrontée. Les discussions des Chapitres 5 et 6, sur les façons dont les différentes applications de la biologie de synthèse pourraient être bénéfiques ou nuisibles, ne devraient donc pas être considérées comme des données utilisables pour un jugement sommaire sur la biologie de synthèse dans son ensemble. Cette évaluation est plutôt le début d'une conversation, et non son intégralité, et cherche donc à définir les éléments devant être discutés.

— Qu'est-ce que la biologie de synthèse ?

Il y a bien longtemps que les hommes ont appris comment modifier la nature selon leurs propres besoins, entraînant des implications à tous les niveaux, des gènes aux écosystèmes. Les populations de ce qui est aujourd'hui le sud du Mexique ont créé le maïs à partir d'une plante sauvage. À peu près à la même époque, il y a environ 10 000 ans, les populations de la vallée de la Rivière des perles, en Chine, créaient le riz à partir d'un autre type de graminée,

tandis qu'au Proche-Orient, les aurochs devenaient du bétail domestique. Ces activités de sélection, modifiant les caractéristiques d'espèces sauvages pour les rendre plus bénéfiques pour les humains, ont eu lieu dans le contexte écologique et social de la domestication précoce.

La modification intentionnelle des génomes s'est accélérée au fur et à mesure que la science a développé une meilleure compréhension des processus génétiques fondamentaux et déplacé ses expériences du champ au laboratoire. Les travaux expérimentaux de Gregor Mendel sur les pois, en 1856, sont considérés comme le début de la génétique moderne, même si la majeure partie de ces travaux est passée inaperçue aux yeux de la communauté scientifique. Ce n'est qu'au milieu du 20^e siècle, lorsque James Watson, Francis Crick, et Rosalind Franklin initient la révolution de la biologie moléculaire en identifiant la structure de l'ADN, que la science commence à expérimenter activement en modifiant explicitement la base biologique de l'hérédité.

A colorful illustration of a house with numbered labels 1 through 11, showing various parts of the house and its surroundings. The house is a two-story structure with a blue roof and light blue walls. The front yard features a large green tree (1) and a yellow car (4) parked in a garage. A man (2) is running towards the car, and a yellow gas can (3) is on the ground. The house has a large window (5) on the first floor. Inside, the first floor shows a living room with a television (6) on a stand, a clock (7) on the wall, a sofa, and a woman (8) standing. The second floor shows a bedroom with a bed (9), a bookshelf (10), and a dresser (11).

6



1 Châtaignier d'Amérique

Les premières versions de la biologie de synthèse ont permis aux scientifiques de concevoir un châtaignier d'Amérique résistant à la "brûlure du châtaignier" mortelle qui a décimé cet arbre de l'est des États-Unis.

2 Articles de sport

La biologie de synthèse a été utilisée pour concevoir le PDO, un élément essentiel des textiles de haute performance comme les vêtements de course et de plein air.

3 Carburant

Les amylases de synthèse et autres enzymes réduisent le coût de production de l'éthanol à partir de céréales.

4 Fibres techniques

La soie d'araignée est à la fois plus résistante et plus légère que l'acier. Des vers à soie conçus pour produire cette soie d'araignée pourraient un jour être utilisés pour produire des voitures plus sûres et plus efficaces.

5 Briques

Les briques issues de la biotechnologie sont faites de sable et de bactéries alimentées à base de carbonate de calcium, un élément structural clé des coquillages et des récifs coralliens.

6 Mobilier

Les protéines de soie produites par une levure artificielle sont tissées pour produire des textiles pour les vêtements ou les canapés.

7 Médicaments

Des technologies de biologie de synthèse ont été utilisées pour concevoir des cellules immunitaires pour traiter le cancer du sang.

8 Produits du bois

La biologie de synthèse a contribué à la création d'un substitut à la protéine de caséine à base de lait utilisée dans les décorations et les parquets imitant le bois.

9 Cuir synthétique

Des microbes modifiés à l'aide de la biologie de synthèse produisent du collagène utilisé sous forme de produits en cuir.

10 Papier

Des microbes et enzymes modifiés par la biologie de synthèse peuvent accroître l'efficacité de la production et diminuer les effets négatifs de la fabrication du papier.

11 Parfum

Une levure artificielle produit aujourd'hui la nootkatone, un produit alimentaire sans danger utilisé dans de nombreuses applications telles que les boissons et les parfums.

12 Cosmétiques et soins de la peau

Des huiles et crèmes hydratantes cosmétiques et autres produits de soins personnels sont produits par la biologie de synthèse, plutôt qu'à partir de sources naturelles.

13 Savon

Les savons sont faits à partir d'huiles extraites d'algues synthétiques au lieu d'huile de palme.

14 Œufs

La biologie de synthèse a créé la phytase pour l'alimentation des poulets et des porcs, aidant les animaux à absorber plus de nutriments de leur nourriture et réduisant les déchets phosphorés.

15 Fruits

L'ingénierie de synthèse aide à prévenir le processus de brunissement et à réduire le gaspillage alimentaire.

16 Viande

Une levure modifiée par la biologie de synthèse produit de grandes quantités d'hème, l'un des composants clés utilisé pour donner à la viande produite en laboratoire le goût de la vraie viande.

L'étude de l'ADN a favorisé une explosion de connaissances extraordinaire, potentiellement inégale dans son ampleur, profondeur et rythme dans l'histoire de la science. Le développement récent et rapide des technologies de séquençage et d'édition a conduit à la création d'une nouvelle génération d'outils. L'ensemble des technologies permettant aux hommes de modifier les gènes des organismes afin qu'ils fassent ce que ceux-ci veulent et non ce que ces organismes feraient normalement, par exemple la création de levures capables de fabriquer du plastique ou des médicaments humains, est appelé « biologie de synthèse ». Celle-ci implique la redéfinition générale et l'expansion des biotechnologies (Chopra et Kamma, 2006). Une active discussion internationale est en cours sur la meilleure façon de définir le domaine de la biologie de synthèse, la formulation exacte utilisée ayant une certaine importance pour la législation et les traités qui en dépendent. Pour cette évaluation, nous avons choisi d'utiliser la définition fournie par la Convention sur la diversité biologique, celle-ci étant étroitement liée à la mission de l'UICN :

La biologie de synthèse est un développement récent et une nouvelle dimension de la biotechnologie moderne combinant la science, la technologie et l'ingénierie pour faciliter et accélérer la compréhension, la conception, le remodelage, la fabrication et/ou la modification de matériel génétique, d'organismes vivants et de systèmes biologiques.

Il est toutefois important de tenir compte du fait que la biologie de synthèse et les systèmes d'impulsion génétique ne sont pas des technologies distinctes, mais font partie d'un ensemble d'outils pouvant être appliqués à des fins diverses. La définition précise permettant de savoir si un outil spécifique relève du génie génétique, de la biologie de synthèse ou d'un autre domaine, comme dans le cas du châtaignier d'Amérique, est, somme toute, moins importante que la façon dont cet outil est utilisé et à quelles fins. En outre, la recherche sur la biologie de synthèse progresse si rapidement que de nouvelles approches révolutionnaires pourraient apparaître avant même que le processus d'élaboration de politiques de l'UICN ne soit terminé.

Les scientifiques disposent aujourd'hui d'outils qui, en principe, pourraient leur permettre de modifier la composition génétique de presque toutes les espèces, y compris, mais aussi bien au-delà de la manipulation d'un seul gène. L'ADN peut être copié sous forme numérique, réarrangé, retransformé sous forme organique, puis réintroduit dans les cellules vivantes pour tenter de renforcer ou de créer telle ou telle caractéristique jugée positive ou d'éliminer celles qui posent problème. Ces nouvelles technologies de *biologie de synthèse*, en plein essor, ouvrent des possibilités intéressantes dans de nombreux domaines, y compris de nouvelles formes de conservation, mais soulèvent également des questions importantes et des défis complexes.

Exemples de coûts et bénéfices potentiels des applications de la biologie de synthèse pour la conservation



Médecine

- i. Traitement du cancer
- ii. Vaccins meilleurs et moins chers
- iii. Traitement du virus Zika
- iv. Suivi de la santé



Produits de consommation

- i. Bioacryliques
- ii. Produits chimiques écologiques
- iii. Cuir synthétique
- iv. Stockage des données
- v. Tissus en soie d'araignée



Agriculture

- i. Cultures plus productives
- ii. Cultures plus nutritives
- iii. Cultures résistantes au climat
- iv. Suppression des allergènes alimentaires
- v. Viande créée en laboratoire

Figure 4 Exemples de possibles utilisations des technologies de la biologie de synthèse

Les promesses de la biologie de synthèse ont suscité un intérêt croissant parmi les chercheurs, les développeurs, les entreprises et le public. Cet intérêt, à son tour, a conduit à de nouvelles découvertes ayant considérablement élargi le champ d'application des outils et des approches, offrant un potentiel de changement beaucoup plus vaste, ainsi que des conséquences directes, indirectes et imprévues. Le domaine de recherche est récent et ses outils évoluent très rapidement. En première ligne, on trouve des partisans convaincus que la biologie de synthèse est la solution à de nombreux problèmes de l'humanité, et des voix tout aussi fortes soutenant que ces technologies sont dangereuses et que leur application potentielle demeure non démontrée et hautement problématique.

Le concept d'impulsion génétique est l'une des applications de la biologie de synthèse ayant bénéficié d'efforts considérables et d'une attention particulière. Dans des circonstances habituelles, si un organisme, par exemple une drosophile portant une copie d'un gène modifié, s'accouple avec une autre drosophile, il n'y a qu'une chance sur deux que ses descendants héritent du gène modifié. Après les accouplements suivants avec des mouches non-modifiées, il n'y a qu'une petite chance que chaque individu de la progéniture de la progéniture porte le gène modifié (seulement 50% de 50%, soit 1 chance sur 4). Les systèmes d'impulsion génétique, qui peuvent se produire naturellement, changent ces règles de sorte qu'un gène particulier se transmet avec une probabilité plus élevée que les 50% habituels. À l'aide d'outils d'édition génétique avancés, les scientifiques travaillent à exploiter ce phénomène dans l'espoir de développer, éventuellement, des systèmes d'impulsion génique dans lesquels il existe une forte probabilité qu'un gène cible soit transmis, et puisse donc se propager rapidement aux populations sauvages. Cette évaluation utilise donc le terme « systèmes d'impulsion génétique » pour différencier le phénomène naturel de celui résultant de l'intervention humaine par le biais de la biologie de synthèse, dont les applications potentielles pourraient être pertinentes pour la conservation de la biodiversité.

La manipulation du code ADN par l'homme est aujourd'hui possible à une vitesse, une spécificité et une échelle inimaginables, il y a tout juste quelques années, grâce à des outils d'épissage des gènes, une

banque publique de « composants biologiques », des logiciels de modélisation informatique sophistiqués et des supercalculateurs, entre autres avancées constituant le domaine de la biologie de synthèse. L'application de ces outils révèle également certaines de leurs limites. Ces outils et ces connaissances ouvrent non seulement de grandes opportunités, mais soulèvent également des questions morales, éthiques, juridiques, culturelles, spirituelles et scientifiques qui défieront notre imagination et nos institutions dans un proche avenir et au-delà.

— Applications potentielles de la biologie de synthèse à la conservation de la biodiversité

Les utilisations potentielles des nouvelles technologies de l'ADN sont nombreuses, de nouvelles approches permettant de traiter les maladies humaines à l'amélioration des cultures pour les rendre plus productives, plus nutritives ou plus résistantes aux ravageurs et aux parasites, en passant par la bio-fabrication et même, par des applications dans la mode et les technologies de l'information. Ce domaine de recherche donne lieu à d'importants investissements, avec des prévisions de milliards de dollars sur les marchés dans les années à venir. La majorité des investissements, tout comme les secteurs ayant suscité le plus de préoccupation à ce jour, concernent l'agriculture et la médecine humaine.

Des discussions et des travaux préliminaires en laboratoire ont débuté sur de possibles applications à la biologie de la conservation, afin de soutenir les efforts de protection ou de restauration de la biodiversité. Pour de nombreux observateurs, il est clair que les impacts potentiels de la biologie de synthèse sur la nature pourraient être profonds et aussi bien positifs que négatifs, et que les conséquences indirectes imprévues de son utilisation dans d'autres secteurs, en particulier l'agriculture, pourraient être plus grandes encore. On distingue donc deux grandes sources d'impacts potentiels, positifs ou négatifs, de la biologie de synthèse sur la conservation : les applications spécifiquement destinées à la conservation, et celles non-destinées à bénéficier la conservation, mais qui pourraient avoir un impact indirect sur celle-ci.

Applications possibles de la biologie de synthèse à la conservation

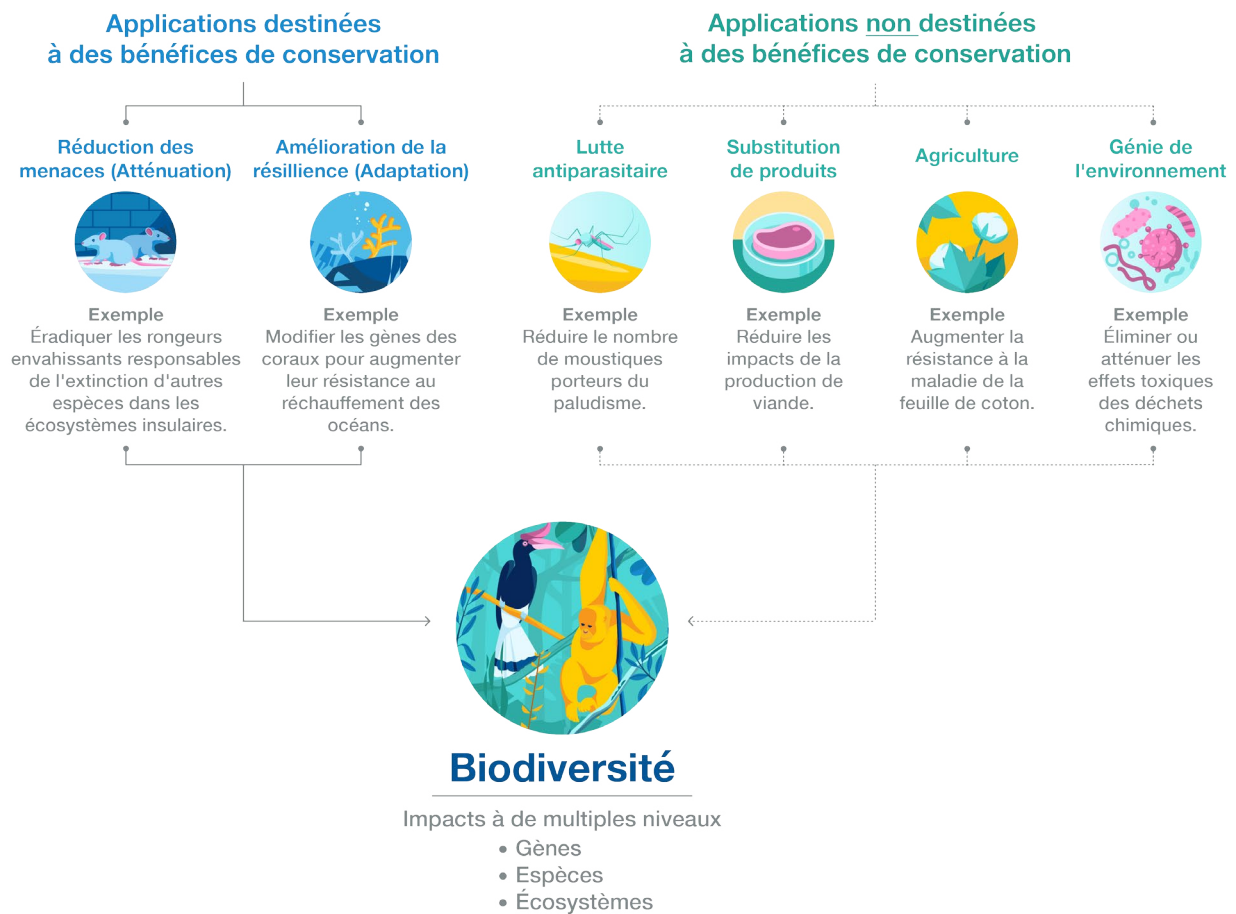


Figure 5 Applications possibles de la biologie de synthèse à la conservation

Les applications de la première catégorie (applications destinées à bénéficier la conservation) se divisent en deux grands groupes : celles qui réduisent les menaces (ou « atténuation ») et celles qui augmentent la résilience à ces menaces (ou « adaptation »). L'utilisation de l'impulsion génétique pour éradiquer les rongeurs envahissants sur les îles, l'une des principales causes d'extinction animale dans ces écosystèmes, est un exemple d'atténuation à l'étude. La modification des gènes des coraux afin d'accroître leur capacité à résister à l'impact du réchauffement des océans résultant du changement climatique pourrait être un exemple d'adaptation.

Les applications appartenant à la deuxième catégorie ne sont pas conçues en fonction d'un objectif de conservation précis, mais pourraient avoir un impact indirect, positif ou négatif, sur celle-ci. Par exemple, les efforts visant à supprimer ou à réduire

fortement les moustiques porteurs du paludisme en utilisant des approches de biologie de synthèse pourraient permettre d'éliminer une cause majeure de mortalité infantile en Afrique subsaharienne, une priorité mondiale de santé publique. Si ces efforts, combinant la biologie de synthèse à des approches plus traditionnelles, sont efficaces, l'évolution des tendances démographiques et l'urbanisation pourraient entraîner des changements significatifs dans l'utilisation des terres, avec des impacts inconnus sur la biodiversité, bien qu'il puisse en être de même pour tout programme efficace d'éradication des maladies.

Données factuelles

Sur la base des travaux déjà réalisés dans le cadre de la Convention sur la diversité biologique, la présente évaluation vise à fournir à l'UICN une compréhension claire, fondée sur les meilleures données disponibles,

des questions relatives aux systèmes d'impulsion génétique et autres aspects pertinents de la biologie de synthèse susceptibles d'avoir un impact, positif ou négatif, sur la conservation de la biodiversité. Bien que l'idée selon laquelle la conservation doit être fondée sur des données factuelles soit étonnamment récente, les arguments en faveur de cette approche sont convaincants : les pratiques de conservation doivent être rigoureuses et défendables, et s'appuyer sur des normes impartiales, exemptes d'idéologie ou de parti pris politique, tout en garantissant la transparence de leur plaidoyer pour le monde naturel. Depuis sa création, la biologie de la conservation s'est considérée comme analogue à la médecine : une discipline de crise ancrée, mais ne se limitant pas, à la méthode scientifique. En tant que telle, le développement d'une pratique médicale factuelle a représenté un puissant modèle d'évolution vers une expansion similaire de l'utilisation des données factuelles pour la conservation.

Deux défis restent cependant à relever afin d'élaborer une approche factuelle à la biologie de synthèse en relation avec la conservation, comme mandaté par la résolution de l'UICN. Le premier est que l'interface des deux domaines d'étude offre une parfaite illustration du concept de « problème épineux » : mal défini, sans limites claires, sans réponse correcte et dépendant d'un contexte et d'un jugement politique pour sa résolution. Le second est que, si la biologie de synthèse progresse rapidement, la plupart des avancées présentant un intérêt pour la conservation sont encore confinées au laboratoire. L'expérience d'outils et de techniques de biologie de synthèse appliqués à des problèmes concrets de conservation dans des paysages terrestres et marins réels est presque inexistante. Nous évaluons donc ici les risques et avantages potentiels à partir de données limitées, et identifier les meilleures connaissances disponibles pour évaluer la biologie de synthèse en relation avec la conservation est un défi en soi.

Les applications de la biologie de synthèse pour la conservation n'en sont qu'à leurs débuts. Il était donc plus difficile, mais encore plus essentiel, de recourir à une approche factuelle dans le cadre de cette évaluation. Les débats politiques impliquant nécessairement des jugements de valeurs et des

préférences, les revendications en faveur ou contre la biologie de synthèse principalement inspirées de ceux-ci devaient être différenciées de celles fondées sur les faits. Cette évaluation vise donc à éclairer la situation de ce domaine d'étude, sur la base des avantages et inconvénients potentiels pouvant être discernés à ce jour. Elle ne peut pas être considérée, ni ne prétend être, une évaluation complète des risques. Le but de la présente évaluation est plutôt d'éclairer les délibérations futures et de mieux comprendre les différentes façons dont les données concernant l'impact potentiel de la biologie de synthèse sur la conservation sont générées, utilisées et interprétées.

— La voie à suivre

Cette évaluation est le point de départ d'un processus qui conduira à l'élaboration et à l'approbation d'une politique de l'UICN visant à guider la Directrice générale, les Commissions et les Membres de l'Union, et à attirer une attention beaucoup plus importante du public sur la question de la biologie de synthèse en relation avec la conservation de la biodiversité. Compte tenu de l'impact potentiel des découvertes scientifiques et des décisions politiques à venir, ainsi que de la nécessité de vastes partenariats pour relever les défis auxquels les communautés de la biologie de synthèse et de la conservation seront inévitablement confrontées, une telle attention est essentielle.

Un élément crucial de ce processus sera la reconnaissance et la recherche de points de vue autochtones et traditionnels sur la biologie de synthèse. Certains travaux sont déjà en cours à cet égard, par exemple avec les communautés tribales et la libération potentielle de châtaigniers d'Amérique génétiquement modifiés sur les territoires historiques des peuples Haudenosaunee, dans le nord-est des États-Unis. D'autres efforts se concentrent sur les communautés maories, en Nouvelle-Zélande, en partant du principe qu'il n'existe pas de « perspective » maorie unique sur la biologie de synthèse, mais plutôt, de nombreuses perspectives, et en comprenant que cette variété de points de vue exige un engagement profond avec les divers membres des communautés potentiellement affectées.

Des scientifiques, des juristes, des éthiciens et autres ont également commencé à réfléchir aux conséquences de la biologie de synthèse, et les citoyens du monde entier commencent également à se rendre compte qu'ils ont tout intérêt à prêter attention aux diverses ramifications de ce domaine complexe et de grande portée. Les points de contact entre la conservation et la biologie de synthèse sont nombreux, et les questions profondes, mais dans la plupart des cas, les personnes travaillant dans ces deux domaines restent à l'écart les unes des autres, et n'ont que peu d'éléments de langage ou de compréhension en commun des problèmes qu'ils cherchent à résoudre et des possibilités que chacun peut offrir à l'autre. Cette évaluation révèle qu'un dialogue entre les communautés de la biologie de synthèse et de la conservation pourrait être productif, et en particulier que les biologistes de synthèse ont un rôle important à jouer dans le futur de la conservation, mais aussi l'inverse : les acteurs de la conservation ont également un rôle important à jouer dans le développement de la biologie de synthèse.

— Coda

Cette évaluation technique a été soumise à un examen par les pairs en septembre 2018, et 756 commentaires ont été reçus d'un large éventail d'acteurs de la société civile et des gouvernements. Le 18 novembre 2018, une présentation de l'évaluation a été faite devant 130 personnes environ, lors de la quatorzième Conférence des Parties à la Convention sur la diversité biologique à Charm el-Cheikh, Égypte. Les deux opportunités de commentaires ont généré une diversité de réponses positives et négatives, y compris des critiques sur le choix des auteurs et les limites du processus. Le Sous-groupe technique était conscient de bon nombre de ces préoccupations (voir ci-dessus), mais le processus de commentaires et d'examen par les pairs offrait une occasion précieuse de mettre à nouveau l'accent sur quelques questions clés. Plus spécifiquement, certains se sont dits préoccupés par le fait que les auteurs de l'évaluation ne représentaient pas toute la diversité des acteurs pouvant être affectés par les applications de la biologie de synthèse et l'impulsion génétique, et incluaient ceux travaillant directement sur des applications de la biologie de synthèse.

Il s'agit là de préoccupations valides : il est en effet impossible que les auteurs d'une telle évaluation représentent toute la diversité géographique, de disciplines et de modes de vie et, afin de pouvoir être menée à terme, l'évaluation s'est effectivement intéressée aux acteurs les mieux informés des technologies, et en particulier à ceux ayant travaillé aux frontières de l'innovation. Une autre préoccupation issue des commentaires et des entretiens publiés ultérieurement était que les applications de la biologie de synthèse pour la conservation et l'utilisation durable de la diversité biologique, telles que celles mentionnées dans la présente évaluation, ne soient qu'un « écran de fumée » dans l'espoir d'obtenir les approbations sociales ou réglementaires nécessaires à des applications futures, et plus néfastes, de ces technologies.

Compte tenu de ces préoccupations, la présente évaluation s'est basée sur l'hypothèse que les utilisations potentielles de la biologie de synthèse et des systèmes d'impulsion génétique doivent être considérées au cas par cas. Le fait qu'une application puisse être bénéfique dans un certain contexte social, politique, économique et écologique ne signifie pas que cette même technologie sera également bénéfique dans un autre contexte. De plus, des applications différentes exigeront des évaluations différentes, même si certaines connaissances pourront être transférées de l'une à l'autre. Les défenseurs des deux extrêmes regroupent toutes les applications de la biologie de synthèse dans un même jugement sommaire. Cet amalgame masque la complexité des enjeux en faveur d'une démarche politicienne extrêmement orientée qui ne permet pas de distinguer différentes applications de la biologie de synthèse pouvant être bénéfiques, nuisibles ou les deux à la fois. Ainsi, cette évaluation ne doit pas être interprétée comme un jugement, positif ou négatif, sur la biologie de synthèse dans son ensemble, ni même sur l'ensemble des applications de la biologie de synthèse pour la conservation. Il s'agit plutôt d'une discussion initiale sur les facteurs devant être pris en compte dans une prise de décision au cas par cas, par l'ensemble des parties prenantes concernées, sur la base d'un accès libre à la totalité de l'information et dans le cadre du principe de précaution.

Messages clés

Chacune des principales sections des Messages clés est liée aux parties (chapitres ou sections) de l'évaluation dont elle est tirée. Chaque section est en outre accompagnée d'une indication du degré de confiance qui la caractérise, selon un système modifié de l'IPBES (IPBES, 2016) et du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (Moss & Schneider, 2000) (Figure 6).

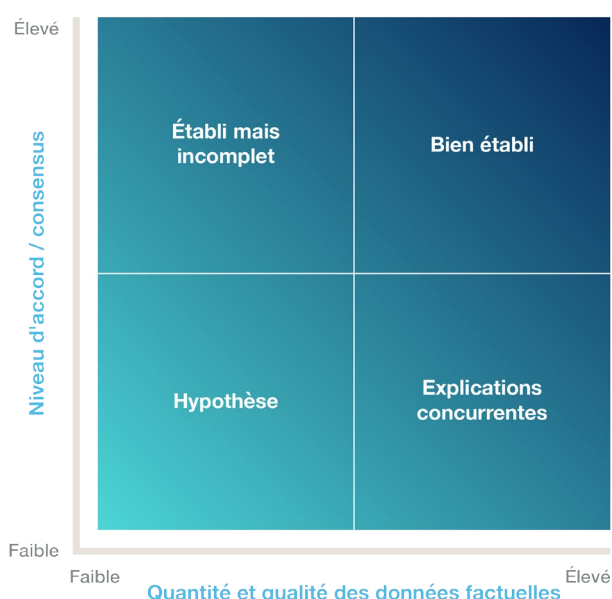


Figure 6 Termes d'incertitude qualitative. Synthèse de Moss & Schneider (2000) et IPBES (2016).

1. Implications pour la conservation

La biologie de synthèse et l'impulsion génétique auront d'importantes implications pour la conservation et l'utilisation durable de la diversité biologique {1.1, 4.3}, à la fois directes {5} et indirectes {6} (*bien établi*). Bien que la plupart des produits issus de la biologie de synthèse et de l'impulsion génétique ne soient pas conçus comme des applications de conservation {1.6} (*bien établi*), certains de ces produits auront néanmoins des répercussions importantes sur les pratiques et résultats de conservation {6.1} (*établi mais incomplet*).

2. Nouveaux outils

De nouveaux outils sont nécessaires pour assurer une conservation efficace et une utilisation durable de la diversité biologique {1.1} (*bien*

établi). Au cours des dernières années, des mesures mondiales, régionales et nationales de promotion de la conservation de la biodiversité ont donné de bons résultats, mais la biodiversité continue de décliner à l'échelle mondiale {4.3} (*bien établi*). La conservation de la biodiversité exige la mise en œuvre continue d'approches éprouvées, mais l'intensification de ces efforts à une échelle suffisante pour inverser les déclins continuera d'être un défi majeur, étant donné la nature apparemment inextricable de certaines des menaces {5.1} (*bien établi*). Certaines applications de la biologie de synthèse et de l'impulsion génétique, si elles sont conçues et ciblées de manière appropriée, pourraient améliorer la conservation de la biodiversité, par exemple en atténuant les menaces {5.2} et en augmentant la résilience des espèces à ces menaces {5.3} (*hypothèse*).

3. Croissance rapide

La pratique de la biologie de synthèse se développe rapidement, des développements majeurs étant promis, et certains mis en œuvre, dans de multiples secteurs {1.6} (*bien établi*). Au cours des 15 dernières années, les investissements publics et privés dans les entreprises du secteur ont été multipliés par cinq, pour atteindre près de 10 milliards de dollars américains {1.6} au cours de cette période (*établi mais incomplet*). On trouve des laboratoires de biologie de synthèse partout dans le monde dans les milieux universitaires et industriels, ainsi que dans des milieux non-traditionnels, comme les laboratoires communautaires de biotechnologie. On enseigne de plus en plus aux jeunes à utiliser ces technologies {6.6} (*bien établi*). La nature distribuée de l'accès aux techniques de biologie de synthèse (*bien établi*) présente à la fois des opportunités et des défis pour la communauté de la conservation {1.6, 2.3, 6.6} (*hypothèse*).

4. Impulsion génétique

Les systèmes d'impulsion génétique pourraient représenter un outil transformateur pour des applications directes à la conservation {5.2.1, 5.3.1} (*spéculatif*), ainsi qu'à d'autres secteurs,

comme la santé publique {6.3} (*spéculatif*), où ils pourraient avoir un impact indirect sur la conservation {5.2.1, 5.3.1, 6.3}. Les systèmes d'impulsion génétique en sont encore à des années de leur phase de déploiement {5.2.1, 5.3.1, 6.3} (*établi mais incomplet*), malgré la vitesse à laquelle cette technologie progresse {1,4} (*explications concurrentes*). L'expertise de la communauté de la conservation est vitale pour les responsables du développement et du déploiement des systèmes d'impulsion génétique {5.2.1, 5.3.1, 6.3} (*bien établi*).

5. Effets bénéfiques pour la conservation

La biologie de synthèse et l'impulsion génétique pourraient être bénéfiques à la conservation et à l'utilisation durable de la biodiversité {4-6} (*hypothèse*), par exemple, en protégeant les espèces menacées contre les maladies ou les menaces climatiques {5.3.1} (*hypothèse*), en éradiquant les espèces envahissantes {5.2.1} (*hypothèse*), en augmentant la diversité génétique dans les petites populations d'espèces menacées {5.3.1} (*hypothèse*), en rétablissant un représentant d'une espèce disparue {5.3.2} (*hypothèse*), en restaurant les écosystèmes dégradés {6.5} (*hypothèse*), ou en tant que produit de substitution {5.2.2, 6.4} (*établi mais incomplet*).

6. Effets néfastes sur la conservation

La biologie de synthèse et l'impulsion génétique pourraient nuire à la conservation et à l'utilisation durable de la biodiversité {4-6} (*hypothèse*). Les effets néfastes pourraient provenir du mouvement de gènes ou de la fuite d'organismes manipulés porteurs de gènes modifiés, affectant des populations ou des espèces non-ciblées {5.2-5.3, 6.2-6.4} (*hypothèse*), de changements dans les rôles écologiques joués par les organismes ciblés {5.2, 6.3} (*hypothèse*), d'effets plus larges sur les écosystèmes {6.2} (*hypothèse*), de la substitution de produits exacerbant un problème de conservation {5.2.2} (*explications concurrentes*), des effets socio-économiques de substitution d'un produit sur les moyens de subsistance et sur les modèles de production et de consommation {6.4} (*explications concurrentes*), du détournement de financements d'autres approches de conservation {5.1, 5.4} (*hypothèse*) et du risque moral de

minimisation de l'urgence et de l'importance de la conservation de la biodiversité {2.3, 5.1} (*hypothèse*).

7. Valeurs et vision du monde

Les valeurs, visions du monde et expériences vécues influencent le développement, l'évaluation et la gouvernance de la biologie de synthèse et de l'impulsion génétique {2-3} (*bien établi*). Ainsi, afin de produire des données factuelles pour une prise de décision en matière de conservation, les méthodes et normes scientifiques opèrent dans des contextes définis par la formulation de problèmes et de solutions, l'intégration de perspectives et de types d'expertise multiples, et l'identification de la crédibilité de qui produit les connaissances {3} (*bien établi*). La participation des communautés et des parties prenantes a été proposée comme une solution pour aider à surmonter cette complexité {2.3, 3.4} (*établi mais incomplet*).

8. Communautés autochtones et locales

Les communautés autochtones et locales sont des acteurs clés de la recherche, de la gouvernance et des décisions concernant la biologie de synthèse et l'impulsion génétique en relation avec la conservation (*bien établi*).

La biologie de synthèse pourrait avoir des effets positifs et négatifs importants sur les communautés locales et autochtones qui gèrent, gouvernent, résident ou dépendent d'une grande partie de la biodiversité mondiale {5-6} (*bien établi*). Le niveau de participation des communautés autochtones et locales a historiquement été limité, tant au niveau des projets qu'au niveau mondial (*établi mais incomplet*). Des appels ont récemment été lancés en faveur d'une reconnaissance des droits des communautés autochtones et locales dans la prise de décision autour de la biologie de synthèse et de l'impulsion génétique {2.1} (*bien établi*). Certaines tentatives ont été faites pour que celles-ci participent à des initiatives de biologie de synthèse {2.3} (*établi mais incomplet*).

9. Gouvernance

Plusieurs structures de gouvernance existantes pourraient être pertinentes pour la biologie de synthèse (*bien établi*), même cette dernière soulève également des questions et des défis

pour ces cadres de gouvernance (*explications concurrentes*). Les cadres de gouvernance applicables incluent des cadres juridiques internationaux, régionaux et nationaux ainsi que des systèmes de gouvernance religieux, coutumiers et autochtones, et les normes et pratiques scientifiques (*bien établi*) {2.2}. Les défis sont liés à la mesure dans laquelle les applications actuelles et futures de la biologie de synthèse et de l'impulsion génétique pourraient être couvertes par les règlements, normes et processus existants (*explications concurrentes*), à la mise en œuvre et applicabilité de ces cadres dans un contexte d'accessibilité aux parties et aux outils (*établi mais incomplet*), aux différents niveaux de capacité de gouvernance au sein des juridictions (*bien établi*), aux mécanismes de lutte contre les dommages environnementaux, et en particulier les impacts transfrontières (*établi mais incomplet*) et à la capacité des cadres de gouvernance de suivre le rythme rapide de l'innovation technologique {2.3} (*explications concurrentes*).

10. Évaluation des risques

Cette « Évaluation de la biologie de synthèse et de la conservation de la biodiversité » n'est pas une évaluation des risques d'applications individuelles de la biologie de synthèse ou de l'impulsion génétique, ni de ces technologies dans leur ensemble {3.4, 4.3} (*bien établi*). La diversité de ces applications, des mécanismes pouvant être utilisés et des contextes dans lesquels elles peuvent être mis en œuvre, s'oppose à une évaluation des risques et des avantages de cette technologie dans son ensemble (*bien établi*). Cette évaluation passe en revue les applications existantes et proposées de la biologie de synthèse et des systèmes d'impulsion génétique pertinentes pour la conservation et explore comment ces applications pourraient être bénéfiques ou nuisibles pour la conservation et l'utilisation durable de la biodiversité. Les avantages et risques pour la conservation des applications de la biologie de synthèse varient au cas par cas.

Références

- Chopra, P. and Kamma, A. (2006). 'Engineering life through Synthetic Biology.' *In silico biology* 6(5):401–10. Available at: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/17274769> (Accessed: 16 November 2018).
- Cook, C. N., Nichols, S.J., Webb, A., Fuller, R.A. and Richards, R.M. (2017). 'Simplifying the selection of evidence synthesis methods to inform environmental decisions: A guide for decision makers and scientists.' *Biological Conservation* 213:135–145. <https://doi.org/10.1016/J.BIOCON.2017.07.004>
- Freinkel, S. (2009). *The American Chestnut: The Life, Death, and Rebirth of a Perfect Tree*. University of California Press.
- Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services (IPBES) (2016). *Summary for policymakers of the assessment report on the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services on pollinators, pollination and food production*. Bonn.
- Kyrou, K., Hammond, A.M., Galizi, R., Kranjc, N., Burt, A., Beaghton, A.K., Nolan, T. and Crisanti, A. (2018). 'A CRISPR–Cas9 gene drive targeting doublesex causes complete population suppression in caged *Anopheles gambiae* mosquitoes'. *Nature Biotechnology* 36(11): 1062–1066. <https://doi.org/10.1038/nbt.4245>
- Moss, R. and Schneider, S. (2000). 'Uncertainties in the IPCC TAR: Recommendations to lead authors for more consistent assessment and reporting'. In: R. Pachauri, T. Taniguchi and K. Tanaka (eds.) *Guidance Papers on the Cross Cutting Issues of the Third Assessment Report of the IPCC*, pp. 33–51. Geneva, Switzerland: World Meteorological Organization.
- Scholes, R.J., Montanarella, L., Brainich, A., Barger, N., ten Brink, B., Cantele, M., Erasmus, B., Fisher, J., Gardner, T., Holland, T.G., Kohler, F., Kotiaho, J.S., Von Maltitz, G., Nangendo, G., Pandit, R., Parrotta, J., Potts, M.D., Prince, S., Sankaran, M. and Willemen, L. (eds.) (2018). *IPBES (2018): Summary for policymakers of the assessment report on land degradation and restoration of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services*. Bonn, Germany: IPBES secretariat. Available at: <https://research.utwente.nl/en/publications/ipbes-2018-summary-for-policymakers-of-the-assessment-report-on-l> (Accessed: 17 August 2018).
- Westgate, M.J. and Lindenmayer, D.B. (2017). 'The difficulties of systematic reviews'. *Conservation Biology* 31(5):1002–1007. <https://doi.org/10.1111/cobi.12890>



**UNION INTERNATIONALE
POUR LA CONSERVATION DE LA NATURE**

SIÈGE MONDIAL
Rue Mauverney 28
1196 Gland, Suisse
mail@iucn.org
Tel +41 22 999 0000
Fax: +41 22 999 0002
www.iucn.org