

OCDE

DOCUMENTS DE POLITIQUE EN MATIÈRE DE SCIENCE,
DE TECHNOLOGIE ET D'INDUSTRIE

AVRIL 2024 No. 164

PROGRAMME DE L'OCDE EN FAVEUR DE POLITIQUES STI PORTEUSES DE TRANSFORMATIONS



OECD Science, Technology and Industry Policy Papers

Ce document a été approuvé et déclassifié par procédure écrite par le Comité de la politique scientifique et technologique (CPST) le 16 avril 2024 et préparé pour publication par le Secrétariat de l'OCDE.

Note à l'intention des délégations :

Ce document est également disponible sur O.N.E sous la cote :

DSTI/STP(2023)35/FINAL

Ce document, ainsi que les données et cartes qu'il peut comprendre, sont sans préjudice du statut de tout territoire, de la souveraineté s'exerçant sur ce dernier, du tracé des frontières et limites internationales, et du nom de tout territoire, ville ou région.

Merci de citer cet ouvrage comme suit :

OCDE (2024), Programme de l'OCDE en faveur de politiques STI porteuses de transformations, *OECD Science, Technology and Industry Policy Papers*, Éditions OCDE, Paris,

<https://doi.org/10.1787/ba2aaf7b-en>.

© OCDE 2024

L'utilisation de ce contenu, qu'il soit numérique ou imprimé, est régie par les conditions d'utilisation suivantes : <http://www.oecd.org/fr/conditionsdutilisation>.

Programme de l'OCDE en faveur de politiques STI porteuses de transformations

De multiples crises provoquent des turbulences, de l'instabilité et de l'insécurité dans les sociétés contemporaines, avec des répercussions sur les économies, l'environnement, la politique et les affaires mondiales. Pour apporter une réponse efficace, les gouvernements devront être plus ambitieux et agir avec plus d'urgence dans leurs politiques en matière de science, de technologie et d'innovation (STI) afin de relever les défis mondiaux. Des investissements soutenus et une plus grande directivité des activités de recherche et d'innovation sont nécessaires, et ils devraient coïncider avec une réévaluation des systèmes et des politiques STI pour s'assurer qu'ils sont à même de contribuer aux changements visés. Ce document d'orientation fournit un cadre pour aider les gouvernements à procéder à ces évaluations. Il identifie six orientations politiques STI pour les changements transformateurs qui devraient guider ces évaluations. Il applique ces orientations à de multiples domaines de la politique STI, notamment le financement de la R&D, le personnel de recherche et d'innovation et la coopération internationale en matière de R&D, et propose aux responsables publics et aux autres acteurs concernés un cadre pour la formulation et la mise en œuvre de réformes STI qui accéléreront les changements transformateurs.

Mots-clés : Gestion de crise, innovation politique, orientation de la recherche, réévaluation du système, cadre de transformation, coopération en matière de R&D, changement accéléré, stratégies de financement.

Codes JEL : O3, H12, O2, H0

Remerciements

Le Programme de l'OCDE en faveur de politiques STI porteuses de transformations a été élaboré conformément au mandat du Comité de la politique scientifique et technologique (CSTP) de l'OCDE, avec la contribution de ses groupes de travail et de plusieurs autres directions de l'OCDE. Il a été rédigé par Jessica Ambler, Carolina Resende Haddad et Michael Keenan (Division de la politique scientifique et technologique (PST), Direction de la science, de la technologie et de l'innovation (DSTI)), et produit sous la direction d'Alessandra Colecchia, chef de la Division de la PST.

L'équipe remercie tous ceux qui ont contribué à la version finale du document. Elle remercie notamment Hanna-Mari Kilpelainen, Jens Lundsgaard et Jerry Sheehan du DSTI pour leurs précieux commentaires et conseils. Les délégués du CSTP et les membres du groupe de pilotage et du conseil consultatif "Politique scientifique et technologique 2025" sont également remerciés pour les nombreux commentaires oraux et écrits qu'ils ont formulés. La liste complète des membres figure à l'annexe 1. Nous remercions tout particulièrement Catherine Beaudry, Daniel Dufour, David Guston, Mitsunobu Kano, Paula Kivimaa, Myong Hwa Lee, Göran Marklund, James Meadowcroft, Sylvia Schwaag-Serger et Matthias Weber.

Le programme porteur de transformations doit également beaucoup à plusieurs collègues de l'OCDE. Du côté de la DSTI, il s'agit de Alistair Nolan, Philippe Larrue, Mario Cervantes et Alan Paic ; Carthage Smith et Frédéric Sgard couvrant le Forum mondial de la science (GSF) ; David Winickoff et Douglas Robinson couvrant le groupe de travail sur les biotechnologies, les nanotechnologies et les technologies convergentes (BNCT) ; Caroline Paunov et Sandra Planes Satorra couvrant le groupe de travail sur la politique de l'innovation et de la technologie (TIP) ; Fernando Galindo-Rueda, Silvia Appelt et Cláudia Sarrico couvrant le groupe de travail des experts nationaux sur les indicateurs scientifiques et technologiques (NESTI) ; Claire Jolly de l'unité Politiques d'innovation pour l'espace et l'océan (IPSO) ; et Guillermo Hernandez de la division Économie et politique numériques. De la direction de l'environnement : Shardul Agrawala, Stephanie Venuti, Ben Henderson, Mar Gonzalez, Deger Saygin et Kilian Raiser. De la direction de l'éducation et des compétences : Andreas Schleicher. Du Centre pour les compétences : El Iza Mohamedou et Rasa Silyte-Niavas. De la direction "Commerce et agriculture" : Julia Nielson, Frank Van Tongeren, Gregoire Garsous et Linda Moran. Du Centre pour l'entrepreneuriat, les PME, les régions et les villes : Andrew Paterson et Lucia Cusmano. De la Direction de la gouvernance publique : Barbara Ubaldi et Bruno Monteiro. De la direction des affaires financières et des entreprises : Ana Novik et Noemi Gietemann. De la Direction de la coopération au développement : Ida McDonnell, Eleanor Carey et Benjamin Kumpf. Et de l'Agence internationale de l'énergie : Jean-Baptiste Le Marois, Araceli Fernandez Pales et Simon Bennett.

Les auteurs remercient Sylvain Fraccola, qui a conçu les infographies et supervisé tous les aspects du processus de publication. Ils remercient également Beatrice Jeffries et Jovana Poznan pour leur aide en matière de secrétariat.

Table des matières

Remerciements	4
Guide du lecteur	7
Résumé	8
1 Le programme en faveur de politiques STI porteuses de transformations	10
Quel est le programme des politiques STI transformatrices ?	10
Pourquoi un nouvel programme porteur de transformations pour les politiques STI ?	12
2 Orientations de la politique STI	18
Introduction	18
Orienter la politique STI pour accélérer le changement	19
Intégrer dans les politiques STI des valeurs qui s'alignent sur la réalisation des objectifs de transformation	20
Accélérer l'émergence et la diffusion d'innovations pour un changement transformateur	21
Accompagner l'abandon progressif des technologies et des pratiques connexes qui contribuent aux problèmes mondiaux	23
Mettre en œuvre une politique STI systémiques et coordonnées en réponse aux défis mondiaux	25
Instiller plus de souplesse et d'expérimentation dans la politique STI	27
3 Passer des orientations aux actions concrètes	29
Introduction	29
Comment orienter le financement public et privé de la science, de la technologie et de l'innovation pour accompagner les changements transformateurs ?	32
Comment orienter les infrastructures de recherche et de technologie vers la transformation ?	34
Comment tirer parti des technologies de rupture pour faire avancer les transformations ?	37
Comment développer les compétences et les capacités nécessaires à une transformation permise par la STI ?	40
Comment s'assurer que les conditions du marché et les conditions structurelles permettent à la STI d'accompagner les changements transformateurs ?	42
Comment développer et utiliser le renseignement stratégique pour guider la transformation ?	44
Comment impliquer la société dans la STI pour favoriser des changements transformateurs ?	46
Comment approfondir la coopération STI entre les acteurs du système d'innovation en vue d'une transformation ?	48
Comment promouvoir la cohérence intergouvernementale pour coordonner les transformations induites par la STI ?	50
Comment tirer parti de la coordination internationale en matière de STI pour soutenir la transformation dans l'intérêt public ?	52

4 Autres conseils et prochaines étapes	55
Orientations politiques modulaires	55
Boîtes à outils pour les principaux défis politiques	56
Activités futures du CSTP	56

Références	58
------------	----

Annexe : Composition du comité consultatif et du groupe de pilotage de la politique scientifique et technologique 2025	73
--	----

Notes de fin d'ouvrage	75
------------------------	----

Tableaux

Tableau 2.1. Exploitation des différents types d'instruments politiques dans la mise en œuvre des orientations politiques	19
Tableau 2.2. Valeurs spécifiques pertinentes pour la gouvernance de la science et de la technologie	21
Tableau 2.3. Exemples de domaines de politique publique horizontale et sectorielle étroitement liés à la politique STI	26
Tableau 3.1. Domaines d'action "ressources" de la STI et actions politiques clés associées pour la transformation	30
Tableau 3.2. Domaines d'action "relations" en matière de STI et actions politiques clés associées pour la transformation	31
Tableau A.1. Membres du comité consultatif de la politique scientifique et technologique 2025	73
Tableau A.2. Composition du groupe de pilotage "Politique scientifique et technologique 2025"	74

Graphiques

Figure 1.1. Objectifs de transformation, orientations politiques et domaines d'action STI de le programme transformateur.	11
Figure 1.2. Comparaison stylisée des orientations politiques STI "dominantes" et "transformatrices".	16
Figure 2.1. Les six orientations politiques du programme porteur de transformations	18
Figure 2.2. Courbe en S typique de l'adoption d'une technologie ou d'une pratique et de la transformation d'un système	23
Figure 2.3. Modèles complémentaires de diffusion des technologies et d'élimination progressive	24
Figure 3.1. Les dix domaines politiques de la STI abordés dans le programme transformateur	30
Figure 4.1. Prochaines étapes du soutien aux efforts déployés par les pays pour mettre en œuvre le programme porteur de transformations	57

Guide du lecteur

Le *Programme de l'OCDE en faveur de politiques STI porteuses de transformations (STI)* (ci-après, ci-après le Programme porteur de transformations) fournit des orientations de haut niveau aux décideurs nationaux en matière de STI pour la formulation et la mise en œuvre de réformes visant à soutenir l'accélération et l'intensification des transformations économiques et sociétales positives face à des défis mondiaux de plus en plus importants. De nombreux points soulevés par le programme porteur de transformations peuvent également être pertinents pour le travail d'un large éventail d'autres parties prenantes travaillant dans des domaines qui peuvent interagir avec les activités STI de différentes manières. Il existe de multiples points d'entrée et différents messages clés que les lecteurs peuvent appliquer en fonction de leurs rôles et responsabilités dans les systèmes et les politique STI.

- **Les décideurs de haut niveau** peuvent tirer le meilleur parti de la section introductive, qui explique comment et pourquoi les systèmes socio-économiques doivent se transformer, comment la STI peut y contribuer et la nécessité parallèle de transformer la STI et les politiques qui en relèvent.
- Pour les **décideurs politiques en matière de STI**, les éléments d'action concrète se trouvent dans les sections couvrant des domaines politiques spécifiques, tels que les infrastructures de recherche et de technologie ou les relations internationales en matière de STI. Les messages clés de ces sections peuvent également être utiles aux **parties prenantes actives dans les systèmes STI infranationaux, nationaux et internationaux**. Il s'agit notamment des chercheurs en sciences naturelles et sociales, des organisations internationales et/ou intergouvernementales, des organismes publics de recherche et de l'industrie, ainsi que des entrepreneurs, des organisations de la société civile et des citoyens.
- Le programme porteur de transformations est également précieux pour les **décideurs politiques travaillant dans d'autres domaines**, qu'ils soient secteur-spécifiques (par exemple, l'énergie, l'agriculture, les transports) ou horizontaux (par exemple, l'éducation, le commerce et l'investissement). De nombreux passages couvrant des domaines spécifiques de la politique STI soulignent l'importance de la cohérence interne et de la coordination entre les gouvernements. Ces sections peuvent offrir des enseignements utiles sur le quand, le comment et le pourquoi de la nécessité accrue de l'engagement des domaines politiques sectoriels et horizontaux dans le domaine de la politique STI.
- **Le programme porteur de transformations s'aligne également sur les travaux des chercheurs et des praticiens de la politique STI et s'en inspire**. Les messages clés dépendront des sujets d'attention ; cependant, les sections décrivant les différentes orientations politiques pour aider à orienter la politique STI vers des changements transformateurs sont susceptibles de fournir des informations pertinentes. En outre, les sections couvrant des domaines spécifiques de la politique STI examinent la manière dont ces orientations peuvent se traduire par des actions politiques concrètes.
- **Enfin, pour les parties prenantes qui travaillent promouvoir la communauté STI mondiale, les actions politiques identifiées dans la section sur la coordination internationale en matière de STI seront probablement les plus utiles**. Cette section reprend et reformule les actions évoquées dans plusieurs autres domaines, tels que le financement, les conditions structurelles et de marché, et la cohérence de l'action publique, du point de vue de la collaboration et de la coopération internationales. De nombreuses actions mettent également l'accent sur l'aide publique au développement et la représentation des économies émergentes dans les activités STI internationales.

Résumé

De multiples crises provoquent turbulences, l'instabilité et l'insécurité dans les sociétés contemporaines, avec des répercussions sur les économies, l'environnement, la politique et les affaires mondiales. L'urgence climatique et les disparités socio-économiques croissantes n'exigent rien de moins qu'une transformation profonde des modèles de fonctionnement établis. La montée des tensions géopolitiques, l'évolution rapide des technologies et la portée de crises telles que la pandémie de COVID-19 ont également fait de la résilience et de la sécurité des préoccupations politiques majeures. Les crises et les tensions génèrent des pressions en faveur de la transformation des économies et des sociétés et, plus spécifiquement, de leur adaptation à des configurations futures aux caractéristiques souhaitables, telles que la viabilité écologique, la résilience et l'insertion.

Pour relever les défis mondiaux, les gouvernements devront être plus ambitieux et agir avec plus d'urgence dans leurs politiques en matière de science, de technologie et d'innovation (STI). Les transformations dépendent des connaissances scientifiques et du développement et du déploiement de technologies qui les permettent. Celles-ci, à leur tour, dépendent du bon fonctionnement des systèmes STI pour générer et utiliser les connaissances, les technologies et l'innovation pertinentes à rythme soutenu et à grande échelle. Des investissements soutenus et une plus grande directivité des activités de recherche et d'innovation sont nécessaires, et ils devraient coïncider avec une réévaluation des systèmes et des politiques STI pour s'assurer qu'ils sont à même de contribuer aux changements visés. Dans certains cas, cela peut nécessiter l'abandon progressif de pratiques établies, tandis que dans d'autres, leur évolution ou leur maintien sera essentiel. De nombreuses réformes sont bien connues de la communauté politique STI, mais posent tout de même des problèmes de mise en œuvre importants.

Le Comité de la politique scientifique et technologique (CSTP) de l'OCDE a élaboré le programme porteur de transformations, qui comprend trois éléments essentiels : les objectifs de transformation assignés aux STI ; les orientations clés de l'action publique pour mettre la politique STI au service de changements transformateurs ; et les domaines de la politique STI qui appellent les changements les plus urgents.

Le programme porteur de transformations fournit des conseils pratiques aux décideurs politiques et aux autres parties prenantes concernées pour formuler et mettre en œuvre des réformes STI qui accéléreront les transformations positives de l'économie et de la société. Six orientations politiques transformatrices ont été identifiées. Elles considèrent que les politiques STI doivent : (i) être orientées vers la résolution des défis économiques et sociétaux, (ii) être motivées par des valeurs largement partagées, (iii) viser à accélérer aussi bien l'émergence que la diffusion de multiples formes d'innovation, (iv) actives dans la promotion de l'abandon progressif des technologies néfastes, (v) systémiques et coordonnée à plusieurs niveaux, et (vi) expérimentale et agile.

Il définit également des actions politiques pour l'extension pratique et l'institutionnalisation des réformes dans dix domaines différents de la politique de la science, de la technologie et de l'innovation. Tous les principaux aspects de la politique et de la gouvernance en matière de STI sont couverts, y compris le financement de la recherche et de l'innovation, les ressources humaines pour la science et la technologie, les mécanismes de coordination des systèmes STI, ainsi que l'évaluation et la mesure.

Si le programme porteur de transformations constitue un point de départ essentiel, des orientations plus détaillées sur la conception et la réforme des politiques STI seront complétées par deux autres formes de supports :

- Des orientations politiques modulaires pour chacun des dix domaines politiques couverts par la STI examineront les actions politiques clés proposées, les voies de mise en œuvre potentielles et les défis posés par le statu quo.
- Les boîtes à outils fourniront des conseils interactifs étape par étape pour aider les utilisateurs à traduire les défis politiques en actions réalisables et spécifiques au contexte.

Les futurs projets du CSTP pourraient utiliser des méthodes d'apprentissage par les pairs pour expérimenter la formulation, la conception et la mise en œuvre de politiques STI visant des changements transformateurs. Enfin, une nouvelle série de revue de pays consacrée aux politiques STI porteuses de transformations sera lancée.

1 Le programme en faveur de politiques STI porteuses de transformations

Quel est le programme des politiques STI transformatrices ?

Le monde est confronté à de multiples crises interconnectées, allant du changement climatique et du déclin de la biodiversité à la montée des conflits et des tensions géopolitiques. La majorité des pays de l'OCDE connaissent un creusement des inégalités (Solarin et al., 2022[1]) tandis que la pandémie de COVID-19 a fait reculer de plusieurs décennies les progrès accomplis dans la réduction des inégalités de revenus entre les pays (UN, 2023[2]).¹ La pandémie a également souligné l'importance de la résilience pour faire face aux chocs futurs, tandis que l'évolution technologique rapide et la concurrence stratégique croissante entre les grandes puissances ont fait de la sécurité une préoccupation politique majeure.² L'urgence climatique n'exige rien de moins qu'une transformation profonde de secteurs tels que l'énergie, l'industrie lourde, l'agroalimentaire et les transports, pour passer à des modèles de fonctionnement plus durables, plus inclusifs et plus résilients (OECD, 2023[3]) (IEA, 2021[4]).

La science, la technologie et l'innovation (STI) sont particulièrement bien placées pour contribuer à la transformation des économies et des sociétés afin de relever ces défis. Toutefois, en fonction du contexte national, la STI peut avoir besoin d'être réformée pour réaliser ce potentiel. Entre autres, la réalisation des changements transformateurs exige que les politiques STI soient plus directives et dépassent leur objectif principal traditionnel de compétitivité nationale et de croissance économique (Diercks, Larsen and Steward, 2019[5]). En outre, les politiques STI devraient être considérées comme faisant partie d'un ensemble de politiques plus large qui comprend des politiques provenant d'autres domaines sectoriels (par exemple, la santé, l'agriculture, l'énergie) et transversaux (par exemple, l'éducation et le commerce). Ces ajustements ont des répercussions sur la gouvernance, la coordination et l'orientation des politiques STI (Fagerberg, 2018[6]).

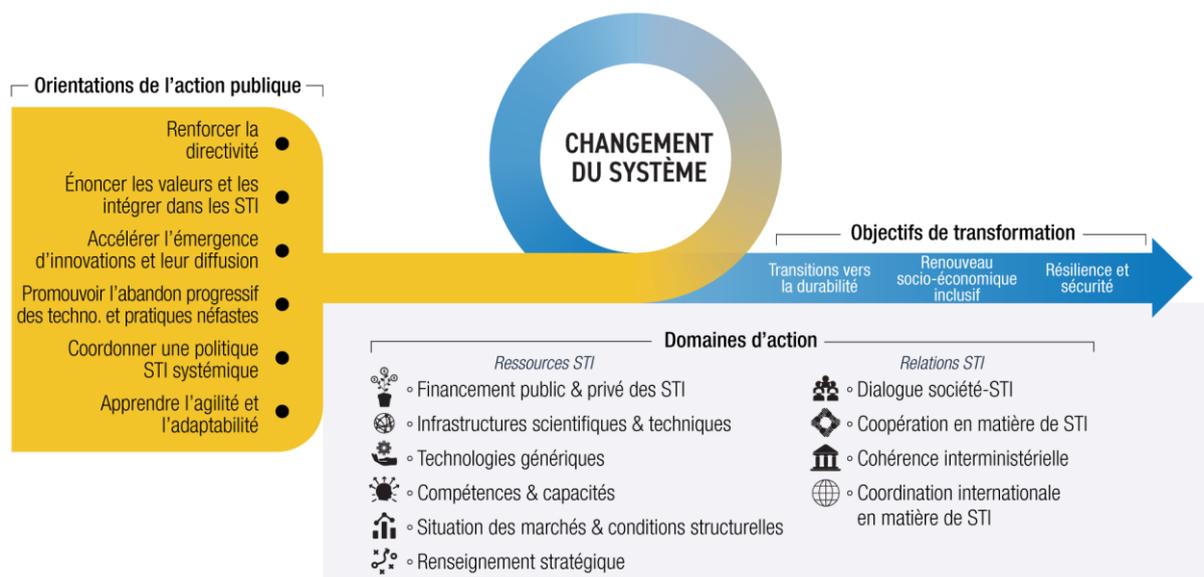
Dans ce contexte, les gouvernements pourraient être amenés à réexaminer les cadres politiques, les visions, les objectifs et les instruments de la STI en vue de les adapter ou de les remplacer par d'autres qui sont adaptés à la promotion des changements transformateurs positifs (Schwaag Serger and Palmberg, 2022[7]). Pour soutenir cette réévaluation et cette réforme de la politique STI, le Comité de politique scientifique et technologique (CSTP) a élaboré le *Programme de l'OCDE en faveur de politiques STI porteuses de transformations* (ci-après le Programme porteur de transformations), qui comprend trois principaux éléments (Graphique 1.1) :

- **Les objectifs de transformation assignés aux STI.** Le rapport articule trois objectifs : (i) promouvoir des transitions durables qui atténuent l'héritage d'un développement non durable et s'y adaptent ; (ii) promouvoir un renouvellement socio-économique inclusif qui met l'accent sur la

représentation, la diversité et l'équité ; et (iii) favoriser la résilience et la sécurité face aux risques et aux incertitudes.

- **Orientations politiques pour aider à orienter la politique STI vers des changements transformateurs bénéfiques.** Le rapport examinera six orientations politiques, qui considèrent l'intérêt de politiques STI : (i) orientées vers la résolution des défis économiques et sociétaux, (ii) être motivées par des valeurs largement partagées, (iii) visant à accélérer aussi bien l'émergence que la diffusion de multiples formes d'innovation, (iv) actives dans la promotion de l'abandon progressif des technologies néfastes, (v) systémiques et coordonnée à plusieurs niveaux, et (vi) expérimentales et agiles.
- **Les domaines de l'action publique dans la STI où le changement est le plus urgent.** Le rapport examinera dix domaines de l'action publique dans la STI qui, ensemble, constituent un large échantillon de politiques de la STI. Le programme porteur de transformations décrit 4 à 5 actions politiques clés dans chaque domaine de l'action publique dans la STI qui peuvent contribuer à promouvoir des changements transformateurs. Les dix domaines sont les suivants :
 - **Ressources STI :** le financement de la STI ; les infrastructures de recherche et de technologie ; les technologies de rupture ; les compétences et les capacités ; les conditions du marché et les conditions structurelles ; et le renseignement stratégique.
 - **Relations STI :** entre STI et la société ; entre les secteurs public, privé et à but non lucratif ; entre les différentes parties du gouvernement ; et au niveau international.

Figure 1.1. Objectifs de transformation, orientations politiques et domaines d'action STI de le programme transformateur.



Note : La figure présente une visualisation des différents éléments de le programme porteur de transformations et de leurs interactions.

Le reste de le programme porteur de transformations fournit une introduction de haut niveau à ces trois composantes. Les sections axées sur la réforme de domaines spécifiques de la politique STI seront complétées à l'avenir par deux autres formes d'orientation. Il s'agit des suivantes :

- **Des orientations modulaires** sur les dix domaines politiques fourniront plus de détails sur les actions politiques proposées en matière de STI, les voies de mise en œuvre potentielles et les

défis posés par le statu quo. Ces modules comporteront également des études de cas concrets, spécifiques à chaque pays, afin de présenter les leçons et les bonnes pratiques émergentes et, *in fine*, d'établir une base de données commune pour l'élaboration des politiques publiques.

- **Les boîtes à outils** fourniront des outils interactifs en ligne permettant aux utilisateurs, étape par étape, de traduire les défis politiques en matière de STI en actions réalisables et spécifiques au contexte. Ces orientations supplémentaires sont actuellement en cours de préparation et sont brièvement décrites dans la dernière section de le programme porteur de transformations.

Pourquoi un nouvel programme porteur de transformations pour les politiques STI ?

La politique STI et les objectifs de transformation

La crise climatique, le déclin croissant de la biodiversité, le creusement des inégalités et l'aggravation des tensions géopolitiques poussent les décideurs publiques, les chercheurs, l'industrie et le public à reconfigurer les économies et les sociétés de manière à améliorer l'atténuation, la résilience et/ou l'adaptation face à ces défis. Dans cette optique, le programme porteur de transformations s'articule autour de la réalisation de **trois objectifs de transformation** :

- **Promouvoir des transitions durables** qui atténuent et s'adaptent à l'héritage d'un développement non durable dû au changement climatique, à la pollution et au déclin de la biodiversité, auxquels il est parfois donné le nom de "triple crise planétaire".³ Les systèmes socio-économiques devraient évoluer pour satisfaire les besoins actuels d'individus différents sans pour autant compromettre la capacité des générations futures à en faire de même (OECD, 2023^[3]). Faire progresser la durabilité écologique appelle à des transitions accélérées dans des industries spécifiques (par exemple, des combustibles fossiles aux énergies renouvelables), des technologies (par exemple, des véhicules à combustion interne aux véhicules à zéro émission), et des modèles établis de production et de consommation (par exemple, de l'économie linéaire à l'économie circulaire).
- **Promouvoir un renouveau socio-économique inclusif** qui mette l'accent sur l'accessibilité, la représentation, la diversité et l'équité. Les inégalités de revenus ont un impact important et statistiquement significatif sur la croissance et constituent une considération stratégique clé pour le développement économique et les résultats sociétaux. (OECD, 2023^[3]). Dans le contexte du développement durable, les transitions vertes "justes" devraient apporter des co-bénéfices sociaux, environnementaux et économiques (Altenburg and Assmann, 2017^[8]) (OECD, 2023^[9]) mais elles devront également tenir compte des inégalités de départ et des impacts disproportionnés qui peuvent en résulter (OECD, 2018^[10]).
- **Favoriser la résilience et la sécurité** face aux risques et aux incertitudes posés par l'émergence croissante de menaces systémiques. Des chocs brutaux, tels que la pandémie de COVID-19, ont démontré l'importance de la résilience pour permettre aux systèmes socio-économiques mondiaux modernes (par exemple, les chaînes d'approvisionnement, les systèmes de production d'énergie) d'anticiper, d'absorber et se relever et de s'adapter aux changements perturbateurs. (OECD, 2020, p. 11^[11]) (Linkov and Palma-Oliveira, 2017^[12]). Ces préoccupations s'accompagnent d'une concurrence stratégique croissante entre les pays pour les technologies et les ressources critiques qui sous-tendent la compétitivité économique et la sécurité nationale. Les gouvernements recherchent autonomie stratégique accrue afin de réduire les vulnérabilités aux perturbations de la chaîne d'approvisionnement et de renforcer leur base industrielle nationale, en particulier dans le domaine des technologies avancées (OECD, 2023^[13]).

On craint de plus en plus que les progrès réalisés à ce jour pour atteindre ces objectifs ne soient pas proportionnés à l'égard de l'urgence ou de l'ampleur des nouveaux défis mondiaux. Opérer les transformations nécessite plus que des changements progressifs et requiert des mesures ambitieuses de la part des entreprises, des gouvernements et de la société en général.⁴ Il s'agit notamment de généraliser des modèles et des cadres mentaux qui embrassent les transformations ; de nouvelles compétences et capacités pour les mettre en œuvre; de nouvelles relations, par exemple entre les secteurs public et privé, entre les différents secteurs de l'économie et entre les économies avancées et moins développées pour échanger et mettre en commun les ressources ; et un recours plus important à l'expérimentation et l'apprentissage qui éclairent multiples chemins pour les transformations tout formalisant les reconnaissances de l'incertitude et de la complexité qui y sont attachés.

Bien qu'il existe de fortes synergies et interdépendances entre les objectifs de transformation, les efforts isolés visant à faire progresser certains objectifs peuvent en compromettre d'autres. Par exemple, la science ouverte et la collaboration internationale sont essentielles pour relever efficacement les défis mondiaux collectifs, mais elles doivent également tenir compte des risques pour la sécurité nationale. (Molen et al., 2023[14]) (Federation of American Scientists, 2024[15]). La demande croissante de technologies d'énergie renouvelable doit prendre en considération des besoins accrus en métaux et en minéraux, dont l'extraction a été associée à des dommages environnementaux, au travail des enfants, à des violations des droits de l'homme et à des conflits armés (Church, Crawford and Schaller, 2019[16]). En outre, divers coûts, tels que la volatilité des prix de l'énergie, les problèmes de sécurité énergétique et les perturbations économiques dans les régions dépendantes de l'extraction des combustibles fossiles, méritent d'être pris en compte dans les efforts visant à éliminer progressivement les combustibles fossiles et à réduire les émissions de gaz à effet de serre. Dans certaines situations, des choix difficiles seront nécessaires et exigeront des décideurs politiques qu'ils établissent des priorités - idéalement en collaboration avec les parties prenantes concernées - entre les objectifs économiques, environnementaux et sécuritaires.

La science, la technologie et l'innovation sont particulièrement bien placées pour contribuer à la transformation.

Les transformations sont facilitées par les connaissances scientifiques et le développement et le déploiement de technologies de rupture. Par exemple, les activités et les résultats de la STI peuvent aider les décideurs politiques, les chercheurs, l'industrie et la société civile en :

- **Contribuant à l'avancement et à l'expansion des connaissances qui peuvent être mobilisées rapidement et appliquées de manière imprévue.** La science fondamentale constitue une base importante pour la recherche appliquée et le développement des futures innovations technologiques et sociales qui soutiennent la transformation. Il arrive aussi souvent que des percées significatives émergent de l'accumulation et de la combinaison de décennies de recherche motivée par la curiosité dans différents domaines. Comme l'a très récemment illustré le développement rapide des vaccins COVID-19,⁵ démontrant la manière dont les investissements à long terme dans la R&D contribuent à la résilience de la société.
- **Accélération du développement et du déploiement de l'innovation et de la technologie pour des changements transformateurs.** Pour atteindre les objectifs des transformations, il faut se concentrer sur le développement de nouvelles solutions basées sur la STI dans des domaines spécifiques. Par exemple, les voies prévues pour atteindre l'objectif "zéro émission" reposent sur le développement et le déploiement rapides d'une série de technologies pré commerciales, telles que les électrolyseurs pour la production d'hydrogène vert (IEA, 2023_[17]).
- **Surveiller et anticiper l'évolution des systèmes naturels et sociaux, y compris les effets négatifs de certaines technologies ou pratiques.** La disponibilité et la rapidité de production des données et de la recherche scientifique sont nécessaires pour examiner le cours et prévoir

l'évolution des défis mondiaux, comme le changement climatique, ainsi que les conséquences potentielles de l'adoption rapide ou de l'abandon progressif de technologies (par exemple, les menaces pour la vie privée et les droits de l'homme). (OECD, 2023^[13]). Les recherches menées dans le domaine des sciences naturelles ainsi que des sciences sociales et comportementales fournissent également des indications importantes sur les facteurs qui conduisent à l'exclusion et à la divergence des résultats socio-économiques pour différents groupes (par exemple, les déterminants sociaux de la santé).

- **Renforcer les compétences et les capacités de l'industrie, des systèmes de recherche publique, du gouvernement et de la société pour répondre efficacement aux transformations des systèmes.** Une grande partie des activités STI est étroitement liée aux systèmes d'enseignement supérieur et contribue à l'acquisition de compétences techniques et transférables qui sont importantes pour la transformation des économies et des sociétés. En outre, l'effort d'interaction des chercheurs vers le public, par la communication des connaissances scientifiques, les efforts délibérés de sensibilisation et les initiatives à la rencontre du public, sont essentiels pour améliorer la compréhension et la confiance dans la science, la technologie et l'innovation.
- **Rassembler et coordonner les acteurs des systèmes STI pour qu'ils coopèrent à la réalisation des objectifs de transformation.** Les réseaux entre l'industrie, les organismes publics de recherche et les gouvernements, ainsi que les possibilités d'échange de connaissances et de renforcement capacitaire qu'ils offrent, sont essentiels aux progrès de la science, de la technologie et de l'innovation. Les approches récentes ont évolué vers l'implication d'un éventail plus large de contributeurs, tels que la société civile et les acteurs socialement innovants, ainsi que vers l'amélioration de l'accessibilité des avancées scientifiques grâce à des programmes de science ouverte. Ces échanges seront importants pour faciliter le développement de solutions appropriées et efficaces aux défis sociétaux, de plus en plus multidimensionnels, multiscalaires et interdépendants.
- **Développer et renforcer les liens internationaux.** Les activités STI transnationales offrent de précieuses opportunités pour la diplomatie et le renforcement des normes et valeurs communes par le biais de la coopération, la collaboration et le partage des connaissances. Les liens internationaux en matière de STI peuvent être conduits par les États, mais ils sont aussi souvent construits à partir de la base, par l'intermédiaire de chercheurs individuels, d'organismes de recherche et d'entreprises.

Il est également nécessaire de réfléchir aux effets néfastes potentiels des IST

Les STI peuvent également exacerber les problèmes liés aux défis mondiaux contemporains, notamment

- **Changement climatique et dégradation de l'environnement :** Diverses avancées technologiques et les modèles de production et de consommation qui en découlent peuvent être rattachés à différentes dimensions de la "triple crise planétaire". Par exemple, il est établi que les activités humaines ont été l'un des principaux responsables de l'augmentation des concentrations atmosphériques des émissions de gaz à effet de serre et des changements correspondants dans les processus climatiques (IPCC, 2007^[18]) (IPCC, 2022^[19]) (Rosa et al., 2015^[20]).
- **Inégalités et défis sociétaux :** Le développement porté par la technologie coexiste souvent avec la pauvreté absolue et relative, ou peut la renforcer (Chataway, Hanlin and Kaplinsky, 2014^[21]). En l'absence de mesures de diffusion ou d'inclusion appropriées, les voies d'innovation contemporaines peuvent exclure de larges segments de la population mondiale à la fois de la production et du bénéfice du changement (Planes-Satorra and Paunov, 2017^[22]).
- **Vulnérabilité aux menaces systémiques :** La diffusion de technologies de rupture induit souvent des changements vers de nouvelles façons de travailler et de vivre, qui peuvent entraîner des

cycles de chômage et nécessiter des mesures appropriées (par exemple, changement de comportement, développement des compétences, réglementation, etc.). (Perez and Leach, 2022^[23]). Les nouvelles technologies peuvent également présenter des risques inédits, tels que ceux introduits par les technologies numériques pour la démocratie et la cohésion sociale (par exemple, les cyberattaques et la désinformation), tandis que dans d'autres cas, les technologies peuvent exacerber ou augmenter les risques existants.

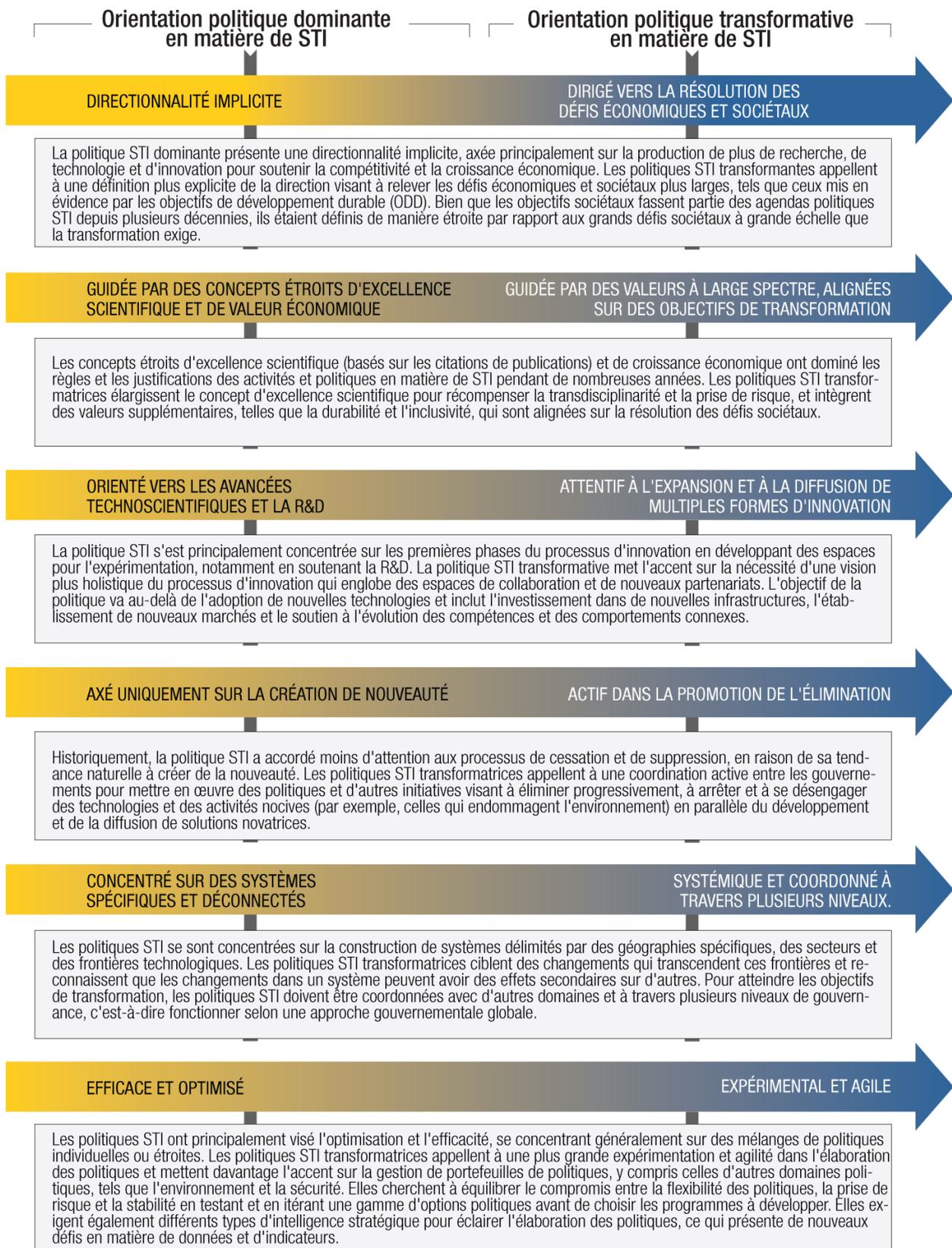
En quoi le programme porteur de transformations diffère-t-il du statu quo ?

Les objectifs de transformation figurent depuis un certain temps dans les programmes nationaux et internationaux de recherche et d'innovation, mais l'insuffisance des progrès accomplis à ce jour dans la réalisation d'initiatives collectives, telles que les objectifs de développement durable, suggère que les décideurs politiques doivent simultanément réformer plus délibérément certains aspects de la STI et des systèmes politiques afférents. (Ciarli et al., 2022^[24]). Contribuer aux transformations et éviter les dommages nécessite des investissements soutenus et une plus grande attention à la directionnalité des activités de recherche et d'innovation. Si l'excellence de la recherche et la compétitivité nationale restent des considérations essentielles, les activités de STI devraient également intégrer des objectifs et des pratiques qui, à dessein, favorisent la durabilité, l'inclusion, la résilience et la sécurité. Dans certains cas, cela peut nécessiter de rompre progressivement avec les façons de faire établies, alors que dans d'autres, l'évolution ou le maintien des pratiques actuelles sera essentiel. À l'instar de l'accent mis sur l'engagement avec le public et la coordination avec d'autres domaines politiques, les réformes de l'action publique dans la STI peut entraîner un élargissement des mandats associés afin de mieux refléter les rôles négligés ou nouveaux que la recherche et l'innovation pourraient jouer pour relever les défis mondiaux. D'autres exemples concrets sont fournis dans le programme porteur de transformations.

La réalisation des objectifs de transformation coïncide souvent avec des réformes qui permettent de répondre à des défis de longue date dans les systèmes STI. Par exemple, les progrès réalisés sur un certain nombre d'enjeux - comme le renforcement de différents liens au sein des systèmes STI (entre les entreprises et les universités, entre différents secteurs de l'administration, et entre la science et la société), l'amélioration des compétences et des capacités organisationnelles des entreprises, et la réduction de la précarité dans les carrières au sein de la recherche - contribueront aux réformes des systèmes STI qui à leurs tours accéléreront les progrès vers la réalisation des objectifs de transformation. De même, l'orientation des systèmes STI vers des objectifs tels que l'inégalité et la résilience peut faciliter les progrès sur ces questions de longue date si des valeurs favorables à la transformation sont intégrées dans l'élaboration des politiques STI. Ainsi, la poursuite des objectifs de transformation offre l'occasion de promouvoir des réformes structurelles qui s'attaquent à des problèmes de longue date dans les systèmes STI et vice versa (Few et al., 2017^[25]).

Bien qu'ils ne soient pas nouveaux et qu'ils aient été mis en évidence depuis un certain temps, la large adoption des objectifs de transformation représenterait un changement dans l'orientation de l'action publique dans la STI. Le Graphique 1.2 donne un aperçu de ce changement potentiel, en établissant une distinction stylisée entre une orientation "dominante" de la politique STI (depuis les années 1990) et une orientation plus "transformative" de la politique STI qui est en train d'émerger.

Figure 1.2. Comparaison stylisée des orientations politiques STI "dominantes" et "transformatrices".



Si cette réorientation pourrait voir une poursuite considérable des objectifs et pratiques existants en matière de politique STI, elle pourrait également donner lieu à des changements importants, en s'appuyant sur des approches politiques plus ciblées, plus inclusives et plus systémiques et en les expérimentant à plus grande échelle. Ainsi, une orientation politique STI plus orientée vers les transformations est susceptible de coexister avec l'orientation dominante, du moins à court terme, les réformes s'inscrivant dans un processus plus progressif et évolutif, bien que des changements brusques soient également possibles face aux chocs et aux discontinuités à venir (Diercks, Larsen and Steward, 2019^[5]). Dans le futur, et dans le but d'accélérer le passage vers des objectifs et pratiques plus orientés vers les transformations en matière de d'action publique dans la STI, il est probable que plusieurs chemins de réorientation émergent, reflétant les conditions locales. Malgré cette variété, tous ces chemins devraient être orientés par un ensemble commun d' « orientations pour les politique relatives à la STI » pour favoriser les changements transformateurs.

2 Orientations de la politique STI

Introduction

La mise en œuvre des changements transformateurs exige des politiques STI plus directionnelles, coordonnées et souples. Alors que de nombreux pays expérimentent des réformes politiques depuis un certain temps, ces efforts gagneraient maintenant à être intensifiés et institutionnalisés. Le programme porteur de transformations identifie six orientations qui devraient aider à orienter les politiques STI vers un changement transformatif positif. Ces orientations considèrent que la politique STI doit être plus : (i) orientée vers la résolution des défis économiques et sociétaux, (ii) motivée par des valeurs largement partagées, (iii) attentive à l'élargissement et à la diffusion de multiples formes d'innovation, (iv) active dans la promotion de l'élimination progressive des technologies et des pratiques nuisibles, (v) systémique et coordonnée à plusieurs niveaux, et (vi) expérimentale et agile. Ces six orientations politiques, qui sont transversales et s'appliquent à tous les domaines de la politique STI, sont résumées dans le Graphique 2.1.

Figure 2.1. Les six orientations politiques du programme porteur de transformations

<p>Orienter la politique STI pour accélérer le changement transformateur.</p> <p>L'ampleur et l'urgence du changement transformateur appellent une plus grande directionnalité en matière de STI. Mais les systèmes STI doivent également maintenir la diversité de la recherche et de la technologie pour faire face aux incertitudes futures et développer des capacités d'absorption pour accéder aux connaissances et aux technologies créées ailleurs. Les gouvernements devraient cultiver des capacités organisationnelles et de gouvernance pour définir des orientations dans ces domaines et changer de cap au besoin.</p>
<p>Adopter des valeurs dans les politiques STI qui sont alignées sur la réalisation des objectifs de transformation.</p> <p>Les valeurs sous-tendent le fonctionnement des systèmes STI, y compris les activités prioritaires, la manière dont elles sont menées et qui en bénéficie. La politique STI devrait adopter des valeurs plus larges dans la poursuite des objectifs de transformation, en mettant davantage l'accent sur le respect des droits de l'homme; la promotion des valeurs démocratiques, de la sécurité et de la durabilité; et en encourageant l'équité et l'inclusion.</p>
<p>Accélérer à la fois l'émergence et la diffusion des innovations pour un changement transformateur.</p> <p>Un mélange de science, de technologie et d'innovation émergentes et établies est nécessaire pour atteindre les objectifs de transformation. Les décideurs en matière de STI devraient renforcer les liens entre les activités tout au long des chaînes d'innovation pour aider à combler les multiples «vallées de la mort» auxquelles sont confrontés le développement, la démonstration et le déploiement de nouvelles technologies, et ainsi accélérer le cycle d'innovation pour le changement transformateur.</p>
<p>Promouvoir l'élimination des technologies et des pratiques connexes qui contribuent aux problèmes mondiaux.</p> <p>Atteindre les objectifs de transformation nécessite une action politique délibérée pour éliminer progressivement, arrêter et se désengager des technologies et des pratiques nuisibles. Idéalement, ces efforts devraient être alignés sur des politiques visant à promouvoir le développement et la diffusion de solutions novatrices. Ils nécessitent une coordination entre la politique STI et d'autres domaines politiques disposant du pouvoir réglementaire et fiscal nécessaire pour promouvoir le retrait progressif.</p>
<p>Mettre en œuvre des réponses politiques STI systémiques et coordonnées aux défis mondiaux.</p> <p>Le changement transformateur est non linéaire, donc la politique STI devrait identifier des «points d'appui» pour des interventions qui reconnaissent les dynamiques de rétroaction positives et négatives et la nécessité de séquencer le changement pour débloquer des voies potentielles. Les politiques STI transformatrices devraient se coordonner avec d'autres domaines politiques et à travers les niveaux de gouvernement pour guider le changement systémique et adapter les interventions à des secteurs et des lieux spécifiques.</p>
<p>Inculquer une plus grande agilité et expérimentation dans la politique STI.</p> <p>Les décideurs en matière de STI devraient adopter une approche délibérée et systématique pour tester de nouvelles idées et promouvoir une culture qui encourage la tolérance au risque et l'évaluation. Ils devraient utiliser des processus de politique agile pour se préparer et répondre rapidement aux circonstances émergentes, en ciblant les actions là où elles sont le plus nécessaires, tout en abandonnant les activités inefficaces. Cela nécessite une gamme diversifiée de capacités et de ressources en intelligence stratégique.</p>

Les politiques STI transformatrices ne se limitent pas à un ensemble restreint d'instruments politiques, mais couvrent toute la gamme de l'action publique. Le Secrétariat de l'OCDE a mis en correspondance différents types d'instruments politiques avec les principales orientations politiques, comme le montre le tableau 2.1. Les instruments de gouvernance - notamment les stratégies et les programmes nationaux, la création et la réforme des organismes publics, y compris ceux qui favorisent la coordination gouvernementale et l'engagement des parties prenantes, ainsi que le renseignement stratégique - sont particulièrement importants. Les décideurs en matière de STI peuvent avoir besoin de cultiver de nouvelles capacités institutionnelles et de gouvernance pour des changements transformateurs qui diffèrent substantiellement de celles qui sont en place à l'heure actuelle. D'autres instruments, tels que ceux qui fournissent un financement direct aux activités STI et encouragent la collaboration, ainsi que la réglementation et l'orientation, joueront également un rôle important et pourraient bénéficier d'une réforme. Les options en matière d'instruments politiques sont brièvement examinées pour chacune des orientations politiques ci-dessous et dans les sections suivantes consacrées aux actions politiques.

Tableau 2.1. Exploitation des différents types d'instruments politiques dans la mise en œuvre des orientations politiques

Types d'instruments politiques	Directionnel	Valeurs	Chaîne complète	Suppression progressive ⁶	Coordonné	Agile
Gouvernance	•••	•••	•••	•••	•••	•••
Mesure financière directe	•••	••	•••	•	••	••
Mesures financières indirectes			••			••
Collaboration et infrastructure	••	•	•••		•••	••
Orientations, réglementation et incitations	•••	•	•••	••	••	•

Note : Le tableau 2.1 montre la pertinence des différents types d'instruments politiques pour la mise en œuvre des six orientations politiques de le programme porteur de transformations. **Instruments de gouvernance** : Stratégies, programmes et plans ; création ou réforme d'une structure de gouvernance ou d'un organisme public ; renseignement stratégique ; consultation formelle de parties prenantes ou d'experts ; organismes de coordination horizontale de la STI ; organismes de surveillance réglementaire et de conseil éthique ; normes et certification pour le développement et l'adoption de technologies ; campagnes de sensibilisation du public et autres activités de vulgarisation. **Instruments de soutien financier direct** : Financement institutionnel de la recherche publique ; subventions de projets pour la recherche publique ; subventions pour la R&D et l'innovation dans les entreprises ; subventions pour les centres d'excellence ; programmes de passation de marchés pour la R&D et l'innovation ; bourses d'études et prêts et bourses de troisième cycle ; prêts et crédits pour l'innovation dans les entreprises ; financement par actions ; bons d'innovation. **Instruments de soutien financier indirect** : Allègements fiscaux ou de cotisations sociales pour les entreprises qui investissent dans la R&D et l'innovation ; Allègements fiscaux pour les personnes qui soutiennent la R&D et l'innovation ; Garanties de dettes et systèmes de partage des risques. **Instruments de collaboration et d'infrastructures** : Plateformes de mise en réseau et de collaboration ; soutien spécifique aux infrastructures de recherche et de technologie ; services d'information et accès aux ensembles de données. **Instruments d'orientation, de réglementation et d'incitation** : Extension technologique et services de conseil aux entreprises ; Réglementation scientifique et technologique et législation non contraignante ; Réglementation et incitations en matière de mobilité de la main-d'œuvre ; Réglementation et incitations en matière de propriété intellectuelle ; Défis, prix et récompenses dans le domaine de la science et de l'innovation. Source : Basé sur les évaluations du Secrétariat de l'OCDE. La typologie des instruments politiques est tirée de la typologie des instruments politiques du STIP Compass de la CE et de l'OCDE, édition 2023 (<https://stip.oecd.org/assets/downloads/STIPCompassTaxonomies.pdf>).

Orienter la politique STI pour accélérer le changement

L'urgence et l'ambition des objectifs de transformation exigent une action collective rapide qui donne la priorité à la fois aux percées scientifiques et technologiques et au déploiement et à la diffusion des technologies et des connaissances existantes. Les systèmes STI doivent être davantage orientés vers la réalisation des objectifs de transformation, ce qui implique la mobilisation des acteurs et des ressources STI vers des cibles spécifiques, généralement un domaine scientifique ou technologique, un objectif économique ou un défi sociétal. Ces objectifs peuvent être spécifiés et mis en œuvre à différents niveaux

d'agrégation, allant des stratégies nationales aux plans des organisations individuelles, telles que les entreprises et les universités.

Les efforts visant à cultiver les capacités d'organisation et de gouvernance aideront les gouvernements à définir des orientations et à changer de cap si nécessaire. Si les décideurs politiques influencent les orientations de la STI de la manière la plus visible par le biais de leurs propres investissements publics dans la recherche et l'innovation, ils peuvent également contribuer à formuler des visions communes qui mobilisent les entreprises (qui représentent la majeure partie des activités de R&D et d'innovation dans les pays de l'OCDE) et les scientifiques du secteur public (dont beaucoup travaillent dans des cadres d'autonomie académique). De nombreux gouvernements expérimentent de nouveaux instruments politiques, tels que le financement basé sur les défis et les politiques d'innovation axées sur les missions (MOIP), qui rassemblent de multiples acteurs, y compris de différents domaines politiques, ainsi que des entreprises et des organismes de recherche du secteur public, pour cocréer et collaborer à travers les chaînes d'innovation sur des voies de transformation. (OECD, 2023^[13]; Larrue, 2021^[26]). La coordination au sein du gouvernement avec d'autres domaines politiques est particulièrement importante, car les conditions du marché et les conditions structurelles, telles que les réglementations et les normes, devraient être alignées pour faciliter la diffusion et l'abandon progressif des technologies.

Les décideurs politiques devraient veiller à ce que leurs portefeuilles de politiques STI soient correctement équilibrés pour relever les défis mondiaux. Les responsables publics devraient veiller à ce que leur arsenal de mesures STI soit équilibré de façon à cibler les défis mondiaux. Par principe, la directionnalité est implicite dans toutes les formes d'action publique, mais sa présence au sein des politiques STI dans de nombreux pays au cours des dernières décennies est devenue plus "horizontale" et "agnostique" quant aux domaines de recherche et d'innovation qu'elle soutient. Il y a des avantages à adapter les portefeuilles de politiques STI pour qu'ils soient plus facilement orientés vers les objectifs de transformation, par exemple en utilisant davantage d'instruments tels que les subventions à la R&D et les marchés publics innovants (Uyara et al., 2020^[27]). Dans le même temps, il est important que les portefeuilles de politiques STI soient en mesure de faire face à l'incertitude des événements et des développements en cours, sans parler des incertitudes soulevées par les progrès de la science et de l'innovation technologique eux-mêmes. Le soutien à la STI devrait donc être suffisamment diversifié pour permettre la recherche, le développement et le déploiement de l'éventail de connaissances et du portefeuille de technologies nécessaires pour relever les défis mondiaux.

Intégrer dans les politiques STI des valeurs qui s'alignent sur la réalisation des objectifs de transformation

Les objectifs de transformation signifient que la politique STI doit embrasser un ensemble plus large de valeurs. Les valeurs sont un élément inhérent à toutes les décisions politiques. Elles se reflètent dans les priorités STI que les gouvernements définissent et mettent en œuvre par le biais des activités et des domaines qu'ils soutiennent. Elles sous-tendent également une grande partie de la logique qui régit le fonctionnement des systèmes STI. Les objectifs transformateurs élargissent les valeurs fondamentales qui sous-tendent la politique STI, en mettant davantage l'accent sur le respect des droits de l'homme, la promotion de la sûreté, de la sécurité et de la vie privée, les valeurs démocratiques et le développement durable, et en encourageant l'équité et l'inclusion.⁷

Il existe également des valeurs spécifiques à la science et à la technologie, qui mettent l'accent sur des principes tels que la confiance, l'ouverture, la transparence, la réciprocité et la responsabilité dans la science et la technologie (tableau 2.2). Ces valeurs fournissent une base morale et politique pour les priorités et les compromis qui caractérisent toutes les décisions de gouvernance en matière de science et de technologie.

Tableau 2.2. Valeurs spécifiques pertinentes pour la gouvernance de la science et de la technologie

Valeurs spécifiques à la science	Valeurs spécifiques pertinentes pour la gouvernance technologique
<ul style="list-style-type: none"> • La liberté de la recherche scientifique englobe le droit de définir librement des questions de recherche, de choisir et de développer des théories, et de rassembler des données empiriques pour remettre en question les idées reçues et proposer de nouvelles idées. • La science ouverte fait référence aux efforts visant à rendre accessibles au public les résultats primaires de la recherche financée par des fonds publics, afin d'accélérer la recherche. • L'intégrité de la recherche fait référence à certaines valeurs, normes et principes qui constituent une bonne pratique scientifique, notamment la confiance, l'honnêteté, l'obligation de rendre compte, le respect et la responsabilité. • La réciprocité implique la pratique de l'échange de matériel de recherche, de résultats et de connaissances d'une manière qui profite à tous les partenaires de la collaboration. • Le bien-être des citoyens implique que la science réponde aux besoins de la société. 	<ul style="list-style-type: none"> • La fiabilité consiste à s'assurer que l'on peut compter sur les technologies, les acteurs et leurs décisions pour ce qui est de l'exactitude, de la fiabilité et du respect de la réglementation. • La responsabilité implique l'attribution des conséquences, positives ou négatives, des actions et des décisions liées aux technologies, ainsi que l'obligation de rendre des comptes aux personnes concernées ou à la société en général. • La transparence implique une description ouverte et honnête des informations transmises, de leur justification et de leurs limites, dans un langage compréhensible et accessible. • La gestion des technologies impose une obligation d'expertise et de connaissances suffisantes pour créer et utiliser les technologies de manière à respecter les valeurs fondamentales et à promouvoir les biens publics. • L'innovation pour le bien public met l'accent sur les avantages importants que l'innovation technologique apporte à la société et sur la nécessité d'abaisser les obstacles inutiles pour atteindre cet objectif. • La réactivité consiste à répondre à l'attente que les résultats technologiques promis soient fournis en temps voulu.

Source : Adapté de l'OCDE (2022^[28]) et OCDE (2024^[29]).

Dans le domaine de la science, par exemple, une approche fondée sur les valeurs peut aider à concevoir des politiques qui favorisent une science ouverte tout en reconnaissant l'importance de travailler avec des partenaires de confiance et alignés sur les valeurs pour faire progresser une coopération internationale responsable, diversifiée, équitable et inclusive afin de relever les défis mondiaux. (OECD, 2022^[28]). Cela peut obliger les acteurs à faire des choix en cas de conflit entre différents objectifs politiques, tels que les priorités économiques, environnementales et sécuritaires. Une approche fondée sur les valeurs peut également garantir que le développement et la gouvernance des technologies s'appuient sur des normes éthiques de haut niveau et des pratiques responsables (OECD, 2023^[13]). L'intégration des valeurs dans le processus d'innovation nécessite toutefois plusieurs étapes, notamment la mise en place de processus et de forums solides permettant de délibérer sur le choix des valeurs et sur la manière dont elles doivent être appliquées tout au long des chaînes d'innovation (depuis l'établissement du programme de R&D jusqu'à la diffusion et au déploiement de la technologie) (OECD, 2024^[29]). Cela nécessite des dispositifs de gouvernance spécifiques, y compris des institutions de délibération et de prise de décision, ainsi que du renseignement stratégique. Des valeurs plus larges peuvent également être intégrées dans la conception des instruments politiques, par exemple dans les critères de sélection des projets financés par des subventions.

Accélérer l'émergence et la diffusion d'innovations pour un changement transformateur

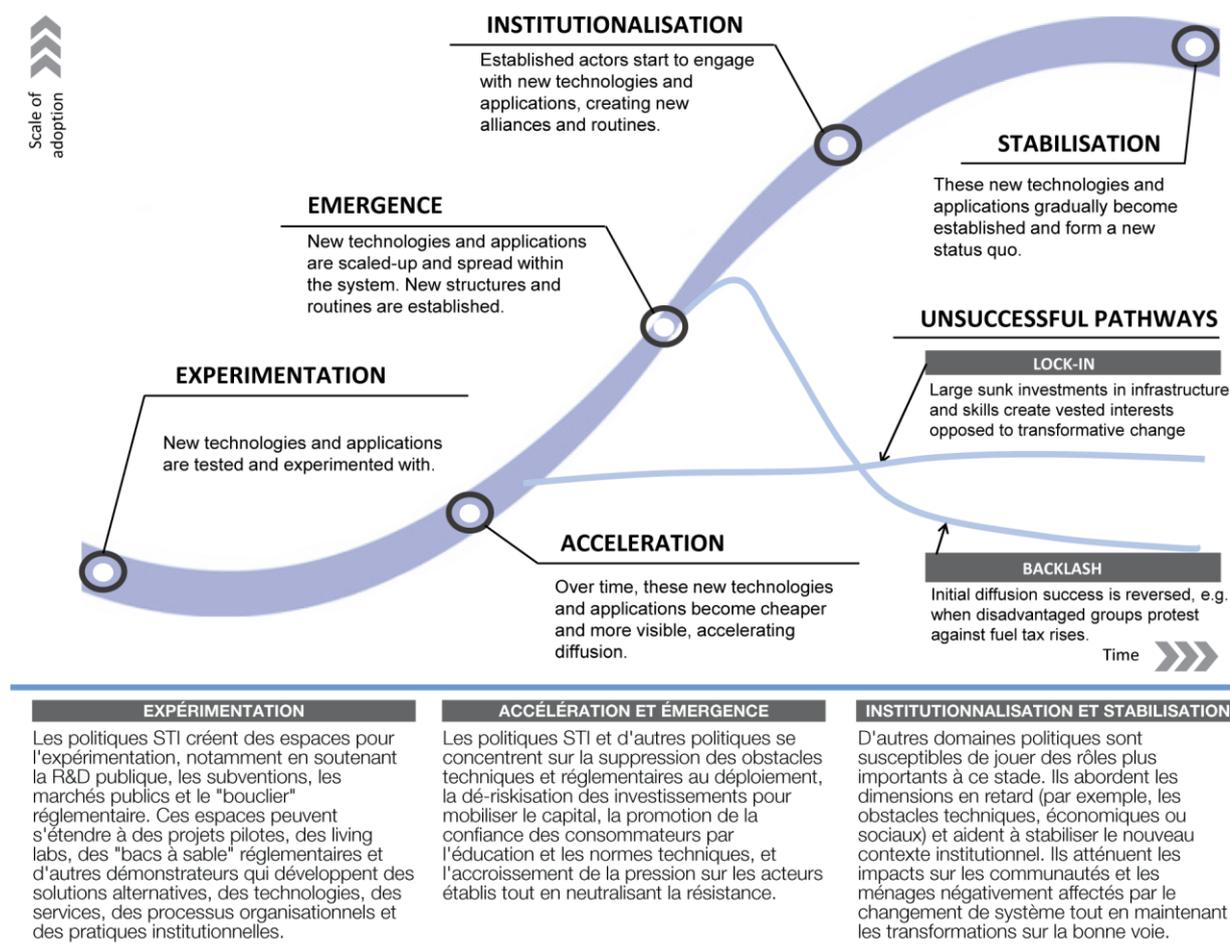
Un mélange de connaissances, d'innovations et de technologies nouvelles et existantes est nécessaire pour atteindre les objectifs de transformation. Par exemple, l'AIE estime que plus d'un tiers des réductions d'émissions nécessaires en 2050 pour atteindre les scénarios de net zéro proviendront de technologies qui sont encore au stade du laboratoire (IEA, 2023^[17]). Pour atteindre le niveau zéro, il faut donc combiner de nouvelles activités de R&D et de démonstration, ainsi que le déploiement et la diffusion des technologies existantes. En outre, les transitions durables et numériques qui en résultent vont au-delà de

l'adoption de nouvelles technologies et comprennent des investissements dans de nouvelles infrastructures, l'établissement de nouveaux marchés, le développement de nouvelles préférences sociales et le soutien aux personnes en âge de travailler et aux communautés pour qu'elles acquièrent de nouvelles compétences et de nouvelles opportunités dans le cadre de "transitions vertes justes" (Geels et al., 2017^[30]). Les innovations non technologiques, y compris les innovations sociales et dans les processus, entre autres,⁸ apporteront également des contributions importantes.

Les transformations se déroulent par phases qui suivent généralement une dynamique de courbe en forme de S (Victor, Geels and Sharpe, 2019^[31]; Meadowcroft et al., 2021^[32]).⁹ En raison de leur complexité, les transformations suivent rarement un processus linéaire. Au contraire, elles sont constituées d'un ensemble de voies diverses et itératives où le rythme du changement s'accélère et s'atténue en fonction de la phase (Loorbach, Frantzeskaki and Avelino, 2017^[33]). Les phases sont résumées dans la figure 2.2 :

- Une transformation peut commencer par une période d'**expérimentation** relativement longue, au cours de laquelle de nouvelles technologies et pratiques sont développées et testées et où il existe une concurrence entre des solutions prometteuses mais loin d'être parfaites. À ce stade, l'objectif de la politique est de soutenir une variété de solutions alternatives pour remettre en question et transformer les technologies et les pratiques en place. Outre l'expérimentation ascendante, les décideurs politiques peuvent tirer parti de changements et de réformes structurels et institutionnels majeurs, tels qu'une nouvelle réglementation ou des changements dans les schémas de commerce et d'investissement internationaux, pour stimuler et soutenir l'émergence et la diffusion d'innovations en vue d'un changement transformateur.
- L'expérimentation est suivie par des phases d'**accélération et d'émergence** expansionnistes, qui voient une convergence croissante vers des solutions normalisées et une adoption à grande échelle. Pour ce faire, les nouvelles technologies et pratiques doivent franchir les "vallées de la mort" entre les activités de R&D et l'entrée sur le marché. L'objectif de la politique est de renforcer la formation du marché en créant une nouvelle demande de la part des clients et en promouvant des améliorations du rapport prix/performance (Kivimaa and Kern, 2016^[34]). Comme le montre la figure 3, de nombreuses technologies et pratiques prometteuses ne dépassent pas cette phase en raison de la dynamique de verrouillage et de dépendance à l'égard des technologies et infrastructures établies. Il peut également y avoir un retour de bâton, par exemple lorsque des groupes défavorisés font pression avec succès contre la suppression des subventions aux carburants nuisibles à l'environnement et affaiblissent ainsi les incitations du marché à poursuivre l'innovation à faible émission de carbone.
- Au cours des phases ultérieures d'**institutionnalisation et de stabilisation**, les nouveaux arrangements deviennent dominants, les ajustements avec les systèmes adjacents sont achevés et le cadre réglementaire est adapté à la nouvelle configuration. Les politiques STI ont une influence moindre au cours de cette phase.

Figure 2.2. Courbe en S typique de l'adoption d'une technologie ou d'une pratique et de la transformation d'un système



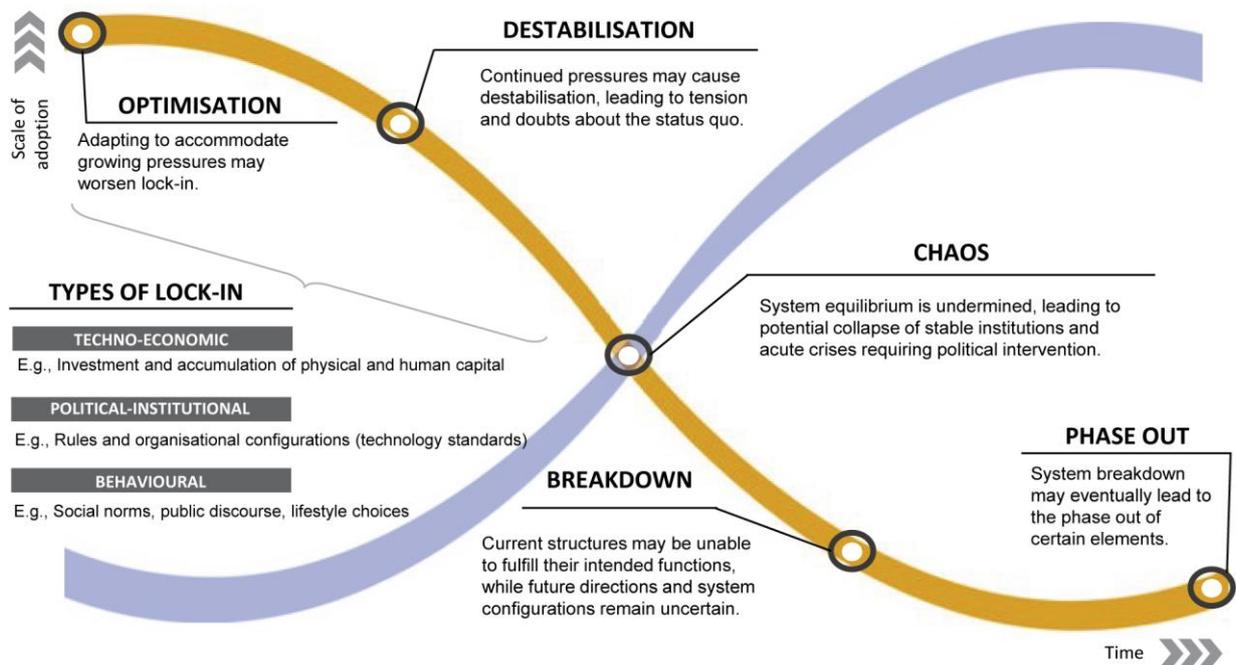
Source : Hebinck et al. (2022^[35]) adapté de Loorbach, Frantzeskaki et Avelino (2017^[33]); et Meadowcroft et al. (2021^[32]).

Accompagner l'abandon progressif des technologies et des pratiques connexes qui contribuent aux problèmes mondiaux

Pour atteindre les objectifs de transformation, les gouvernements devront délibérément adopter des politiques d'élimination progressive, d'abandon et de désinvestissement des technologies et activités nocives, parallèlement à des politiques qui favorisent le développement et la diffusion de solutions novatrices (Rogge and Johnstone, 2017^[36]). Cela va dans le sens d'une adhésion plus délibérée des décideurs politiques à des valeurs telles que le développement durable, la sûreté et la sécurité, l'équité et l'inclusion, et l'innovation pour le bien public, lors de l'élaboration des politiques. Sans ces interventions, il existe un risque important que les alternatives émergentes ne puissent pas concurrencer les solutions établies.¹⁰ Les mesures d'élimination progressive peuvent contribuer à créer ou à renforcer des "espaces protégés", qui pourraient être nécessaires pour protéger et développer des technologies, des innovations et des pratiques orientées vers l'avenir. En outre, les efforts de désinvestissement de certains secteurs ou activités devraient également s'accompagner de mesures visant à protéger les travailleurs et les communautés concernés.

Le développement de nouvelles technologies et pratiques s'accompagne de l'abandon progressif des technologies et pratiques existantes. La figure 2.3 présente un modèle archétypal de la manière dont l'abandon progressif peut se dérouler. Les technologies et pratiques établies peuvent être soumises à une pression extérieure continue et déstabilisante. Cela peut conduire à l'incertitude et à l'ambiguïté et, finalement, à leur abandon progressif.¹¹ Dans les transformations réussies, cette dynamique d'effondrement s'accompagne de la dynamique de renforcement illustrée à la figure 2.2. La figure 2.3 est communément appelée "modèle de la courbe en X" et illustre la coévolution des schémas de construction et d'effondrement. (Loorbach, Frantzeskaki and Avelino, 2017^[33]) (Hebinck et al., 2022^[35]).

Figure 2.3. Modèles complémentaires de diffusion des technologies et d'élimination progressive



Source : Hebinck et al. (2022^[35]), adapté de Loorbach, Frantzeskaki et Avelino (2017^[33]). Types de verrouillage adaptés de Rosebloom et Rinscheid (2020^[37]).

Historiquement, la politique STI a accordé moins d'attention aux processus d'abandon et de retrait progressif en raison de sa tendance naturelle à créer de la nouveauté (Koretsky et al., 2023^[38]). D'autres domaines politiques dotés de pouvoirs réglementaires et fiscaux ont pris les devants, par exemple, par le biais de politiques conçues pour motiver ou exiger des actions spécifiques de la part de l'industrie (par exemple, les interdictions technologiques et les taxes sur le carbone), et par la diminution du soutien aux technologies et pratiques établies (par exemple, l'élimination ou la réduction des subventions aux combustibles fossiles) (Kivimaa and Kern, 2016^[34]). Les politiques STI devraient se coordonner plus étroitement avec ces domaines politiques connexes afin d'articuler des portefeuilles de politiques transformatrices. D'autres efforts peuvent faciliter l'abandon progressif, notamment des programmes visant à soutenir l'adaptation ou l'abandon de pratiques et de processus particuliers, à décourager l'expérimentation de technologies dommageables existantes, à¹² et à repositionner les infrastructures de recherche et de technologie afin de donner la priorité aux besoins d'innovations transformatrices par rapport aux solutions de rechange établies.

Mettre en œuvre une politique STI systémiques et coordonnées en réponse aux défis mondiaux

Pour accélérer les changements transformateurs, il faut intervenir dans des systèmes complexes.

La plupart des changements dans les systèmes se font de manière progressive, impliquant un ajustement au coup par coup des technologies et des pratiques sociétales. Bien que les transformations puissent être soudaines et rapides, elles prennent généralement du temps à se déployer et à passer par différentes phases qui se heurtent à divers obstacles. L'urgence de relever les défis mondiaux signifie qu'une action délibérée peut être nécessaire pour accélérer les transformations. Cela implique de multiples ajustements des technologies, des pratiques commerciales, des cadres réglementaires et du comportement des consommateurs. Les changements transformateurs ne sont toutefois pas linéaires, ce qui les rend désordonnés et inadaptés aux interventions politique répondant aux notions d'injonction et de contrôle. Il n'est pas possible de prédire les voies de développement car la direction et les résultats des innovations sont inconnus, et des changements dans les conditions économiques ou politiques, l'opposition de la société ou des événements inattendus peuvent bloquer, inverser ou réorienter la transformation. (Meadowcroft and Rosenbloom, 2023^[39]). Ainsi, si les transformations appellent des interventions politiques audacieuses et urgentes, celles-ci doivent être suffisamment souples pour saisir les nouvelles opportunités et relever les défis inattendus au fur et à mesure qu'ils se présentent.

La politique STI devrait identifier des "points critiques" pour les interventions qui reconnaissent les dynamiques de rétroaction positives et négatives, la répartition du pouvoir au sein des systèmes et la nécessité de séquencer le changement pour débloquer les voies potentielles. Ces points critiques représentent des endroits dans les systèmes où un petit changement peut conduire à des changements plus importants partout dans le monde (Meadows, 1999^[40]). À cet égard, l'utilisation des politiques publiques pour aider à atteindre des "points de basculement positifs" suscite un intérêt croissant (Tàbara et al., 2021^[41]; Systemiq, University of Exeter and Bezos Earth Foundation, 2023^[42]; UN, 2023^[43]) qui renforcent les rétroactions et les cycles vertueux afin d'accélérer le changement transformateur.¹³ Une recherche plus délibérée des points de basculement positifs pourrait permettre d'identifier les possibilités d'accélérer les changements transformateurs (Lenton et al., 2023^[44]; Sharpe and Lenton, 2021^[45]). Toutefois, cela exigera des décideurs politiques et des gouvernements qu'ils adoptent et cultivent un ensemble différent de compétences, de capacités et de processus, en complément de ce qui peut être actuellement en place.

Les progrès en matière de défis mondiaux requièrent une action collective et orchestrée. Viser la résolution des défis mondiaux et de les vastes programmes que cela implique nécessite l'implication d'un large éventail de parties prenantes issues des entreprises, des gouvernements, de la recherche publique et de la société civile, ce qui accroît la complexité d'une action coordonnée. Les gouvernements peuvent cultiver des capacités organisationnelles pour soutenir les efforts collectifs qui définissent les orientations et gèrent le changement systémique lui-même (OECD, 2018^[46]). Par exemple, les responsables politiques peuvent collaborer avec les parties prenantes pour élaborer et mettre en œuvre des objectifs et des visions partagés en matière de transformation, ce qui peut contribuer à réduire l'incertitude et l'ambiguïté, dans la mesure où de multiples acteurs travaillent à la réalisation d'objectifs et de solutions communs. Cela peut se faire au niveau national comme au niveau international, grâce à des outils tels que les accords internationaux sur le climat. Les décideurs politiques devraient également déployer d'autres instruments politiques, notamment le financement de la R&D collaborative, les politiques d'innovation axées sur les missions (MOIP) et les plateformes de mise en réseau et de collaboration, afin de promouvoir l'action collective sur les transformations.

Les interventions politiques en matière de STI devraient également être adaptées à des secteurs et à des lieux spécifiques, car les parcours de transformation tendent à se situer à des phases différentes et à rencontrer des obstacles différents. Par exemple, des secteurs comme l'énergie (IEA, 2023^[17]) l'agroalimentaire (OECD, 2022^[47]) et les transports (ITF, 2023^[48]) se trouvent à différentes phases

de leur parcours de décarbonisation, sont confrontés à différents obstacles et facilitateurs, et dépendront de différentes reconfigurations des acteurs et des technologies pour atteindre le net zéro. (OECD, 2023^[49]). Alors que les innovations à faible intensité carbone se diffusent rapidement dans les transports, l'accent mis sur la réduction des émissions dans le cadre d'une croissance durable de la productivité n'est apparu que plus récemment dans l'agroalimentaire (OECD, 2023^[50]; Victor, Geels and Sharpe, 2019^[31]). Compte tenu de cette diversité, les décideurs en matière de STI devraient se coordonner avec d'autres domaines politiques pour concevoir et mettre en œuvre des politiques systémiques transformatives (tableau 2.3). Dans certains de ces domaines, des cadres et des bonnes pratiques peuvent déjà exister pour accompagner les transformations.¹⁴ Dans le même temps, les transformations doivent être soutenues à plusieurs niveaux de gouvernement (local, régional, national et supranational), ce qui nécessite une coopération active afin de clarifier les rôles et les responsabilités et de veiller à ce que les politiques à tous les niveaux de gouvernement soient bien alignées. Par exemple, dans les juridictions fédérales, de nombreux domaines d'action décrits dans le tableau 2.3 relèvent, au minimum, de la responsabilité partielle des autorités infranationales. Plus généralement, une approche fortement axée sur le lieu est bénéfique pour adapter les interventions politiques en matière de STI aux conditions locales spécifiques (OECD, 2019^[51]; OECD, 2020^[52]).

Tableau 2.3. Exemples de domaines de politique publique horizontale et sectorielle étroitement liés à la politique STI

Exemples de politiques horizontales	
Fiscalité et finances	Les dépenses publiques , y compris les dépenses ministérielles et les investissements en capital, qui déterminent le niveau des dépenses publiques en matière de STI ; la fiscalité , y compris l'impôt général sur les sociétés, les taxes sur le carbone, les incitations fiscales en matière de R&D, etc.
Économie, industrie et commerce	Les règles et réglementations du marché qui favorisent la concurrence et la protection des consommateurs, ce qui a un impact sur les taux d'innovation dans les économies ; les nouvelles politiques industrielles , y compris les subventions, qui cherchent à promouvoir les secteurs de haute technologie de l'économie ; la promotion des investissements , à la fois entrants et sortants, qui façonnent le profil des écosystèmes d'entreprises et des activités commerciales dans une économie et leurs liens internationaux, qui, à leur tour, influencent les types et les niveaux de R&D et d'innovation réalisés ; Les règles internationales en matière d'investissement , telles que les réglementations sur les aides d'État, qui imposent des restrictions sur les types de soutien que les gouvernements peuvent offrir aux entreprises innovantes ; Les politiques commerciales , y compris la promotion des exportations, les accords internationaux qui suppriment les barrières commerciales, les contrôles des exportations et d'autres mesures visant à promouvoir la sécurité économique et la résilience des chaînes d'approvisionnement, qui déterminent toutes les lieux de production et de consommation des produits et services de haute technologie ; Les subventions ou le soutien au développement de l'infrastructure ou au déploiement de solutions basées sur les STI avec des applications dans plusieurs secteurs, telles que la fibre optique à large bande ou les technologies propres.
Éducation et emploi	Investissements dans l'éducation , de l'apprentissage précoce à l'enseignement supérieur, y compris l'apprentissage et le recyclage des adultes, qui fournissent les compétences nécessaires à la R&D et à l'innovation ; promotion de l'accès à l'éducation et à la formation , en particulier pour les groupes sous-représentés, qui favorisent l'équité et la diversité dans la main-d'œuvre STI ; réglementation et promotion des travailleurs internationaux , qui influencent le vivier de scientifiques et d'autres travailleurs du savoir au sein d'une économie.
Protection de l'environnement	Les réglementations environnementales qui favorisent la biodiversité, la lutte contre la pollution, la gestion des déchets, la gestion des ressources naturelles, etc., influencent la R&D et l'innovation dans les secteurs public et privé, à la fois pour développer de nouveaux produits et services et pour garantir la conformité aux réglementations.
Affaires étrangères et développement international	Les initiatives de diplomatie scientifique et technologique qui favorisent les liens internationaux en matière de STI, en particulier avec les pays à revenu faible ou intermédiaire ; l'aide publique au développement , qui intègre de plus en plus d'éléments STI, notamment le transfert volontaire de technologies à des conditions convenues d'un commun accord, et le développement de compétences et de capacités STI, afin de soutenir les efforts déployés au niveau mondial pour relever les défis mondiaux.
Exemples de politiques sectorielles	

Santé et services sociaux	Dans de nombreux pays de l'OCDE, les politiques sectorielles comprennent des activités et des capacités considérables de soutien à la R&D et à l'innovation , qui peuvent compléter les initiatives de financement relevant directement des ministères et des agences de la science, de la technologie et de l'innovation.
L'énergie	
Transport	Les politiques sectorielles comprennent des normes et des réglementations importantes qui façonnent les activités STI connexes. Ces éléments sont particulièrement importants dans les phases ultérieures de la transformation, car ils déterminent l'environnement dans lequel les nouvelles technologies émergent et se diffusent, et dans lequel les technologies établies sont progressivement abandonnées.
Agriculture et alimentation	
La construction	Les politiques sectorielles jouent un rôle de premier plan dans la création de marchés pour les nouvelles technologies et l'innovation, par exemple par le biais des marchés publics .
La défense	

Instiller plus de souplesse et d'expérimentation dans la politique STI

Les gouvernements devraient également s'engager dans l'expérimentation politique afin de développer les nouvelles solutions nécessaires pour atteindre les objectifs de transformation. Il est de plus en plus reconnu que les approches réglementaires conventionnelles sont mal équipées pour faire face à la complexité, à l'imprévisibilité et à la rapidité de l'innovation et des transformations plus larges du système (Centre for Regulatory Innovation, 2021^[53]).¹⁵ Les outils et méthodologies émergents qui intègrent l'expérimentation, la consultation et l'itération représentent des avancées prometteuses à cet égard. L'expérimentation politique implique une approche délibérée et systématique pour tester de nouvelles idées, politiques ou interventions afin d'évaluer leur impact potentiel et d'éclairer la prise de décision fondée sur des données probantes. Elle peut permettre aux décideurs politiques en matière de STI d'équilibrer la flexibilité et la stabilité des politiques en testant et en itérant une série d'options politiques avant de choisir les programmes à déployer à l'échelle (Kuhlmann and Rip, 2014^[54]).

L'expérimentation requiert des compétences et des outils particuliers, mais aussi une culture qui encourage l'évaluation, la tolérance au risque, l'évaluation critique du statu quo et la volonté d'étudier, de négocier et d'intégrer diverses perspectives (Lindner et al., 2016^[55]). De nombreux gouvernements explorent déjà les moyens de créer des "espaces sécurisés" pour l'expérimentation au sein du secteur public, en utilisant, par exemple, des laboratoires d'innovation politique (Monteiro and Kumpf, 2023^[56]) des *living labs* (Fuglsang and Hansen, 2022^[57]) des environnements de confiance (OECD, 2020^[58]), bacs à sable réglementaires (Attrey, Leshner and Lomax, 2020^[59]) et les plateformes de *crowdsourcing* (Arnold et al., 2023^[60]). Toutefois, leur adoption reste relativement balbutiante dans la plupart des juridictions et des secteurs. Ces efforts peuvent maintenant être intensifiés pour être généralisés. À cet égard, un parrainage au plus haut niveau et un soutien durable seront essentiels, de même que l'adoption de méthodologies robustes pour l'expérimentation, la mesure et l'évaluation correspondantes (OECD, 2023^[61]) (Monteiro and Kumpf, 2023^[56]).

La poursuite d'objectifs de transformation implique de la nouveauté, de l'incertitude et de la complexité, et il est donc important que les politiques puissent être rapidement adaptées pour refléter les nouveaux développements. Les transformations peuvent suivre des voies multiples et ont tendance à évoluer différemment des prévisions initiales en raison d'une dynamique complexe. Il est nécessaire de réévaluer et d'adapter en permanence les priorités et la programmation pour tirer parti des opportunités, éviter les goulets d'étranglement et les impasses, et agir en temps réel en fonction de l'évolution des données et de l'opinion publique. Il faut donc des processus d'élaboration des politiques agiles qui se préparent et réagissent rapidement et efficacement aux changements de circonstances, aux nouvelles tendances et à l'évolution des défis, en ciblant l'action là où elle est le plus nécessaire. L'agilité renvoie également à la capacité de mettre un terme aux initiatives politiques qui ne sont pas viables ou qui ne produisent pas les résultats escomptés. Parmi les pratiques déjà utilisées par les gouvernements figurent le tour d'horizon, les systèmes d'alerte précoce et les prévisions immédiates (Arnold et al., 2023^[60]).

Un éventail diversifié d'informations stratégiques est essentiel à la réussite d'une politique STI agile et expérimentale. Il s'agit notamment de points de référence, d'un suivi en temps réel et d'une

analyse prospective pour anticiper le changement ainsi que les menaces et opportunités qu'il implique, pour suivre les performances du système et pour contrôler les interventions politiques, y compris leur efficacité et leur efficacité (Robinson, Winickoff and Kreiling, 2023^[62]; Rotolo et al., 2017^[63]). Les outils d'intelligence inclusifs et anticipatifs, tels que l'évaluation technologique et la prospective, peuvent aider à identifier les opportunités et les menaces futures, et à formuler des visions collectives à long terme et des plans d'action à court terme. Les évaluations formatives peuvent favoriser l'apprentissage des relations de cause à effet non linéaires qui caractérisent les transformations et l'impact global des portefeuilles de politiques dans différents secteurs et systèmes sociétaux (Janssen, 2019^[64]).

3 Passer des orientations aux actions concrètes

Introduction

En traduisant les orientations politiques en actions concrètes, les mesures politiques devraient être orientées sur les évolutions spécifiques nécessaires pour favoriser les transformations plutôt que les résultats opérationnels. En fonction du domaine politique, ces actions pourraient, par exemple, intégrer une orientation et des valeurs ciblées dans les processus d'élaboration; soutenir, le cas échéant, le développement, la démonstration, le déploiement et l'abandon progressif d'une diversité d'activités et de produits STI ; et développer des portefeuilles de politiques coordonnés, agiles et expérimentaux. Les transformations peuvent nécessiter l'abandon progressif de méthodes établies, alors que dans d'autres cas, l'évolution ou le maintien des pratiques actuelles peuvent être essentiels. Bon nombre des réformes nécessaires sont bien connues des responsables politiques STI, mais des obstacles subsistent, par exemple, lorsqu'il s'agit de faire le lien entre une stratégie ambitieuse et l'élaboration et la mise en œuvre d'interventions politiques concrètes, ainsi que d'étendre et d'institutionnaliser les innovations politiques correspondantes.

Les changements transformateurs sont souvent associés à des réformes radicales, mais de petits changements progressifs peuvent entraîner une évolution qualitative d'un système proche d'un point de basculement (Feola, 2015^[65]). Dans la plupart des cas, cependant, la transformation est susceptible d'être un processus à long terme déclenché par un certain nombre d'événements différents qui, ensemble, contribuent à un changement plus large (Few et al., 2017^[25]). Une succession de modifications apportées à un arsenal de mesures peut déboucher sur une intervention plus profonde qui suscite une rupture et une évolution du système tout entier. Dans le même temps, une série progressive de changements incrémentaux dans un ensemble de politiques peut également se combiner dans une intervention plus profonde qui perturbe le statu quo et crée un changement à l'échelle du système. (Schumer et al., 2022^[66]) (Allen and Malekpour, 2023^[67]). Cette perspective est au cœur du programme porteur de transformations et reconnaît que la réalisation d'une transformation fondamentale de la STI nécessitera des changements sur de nombreux fronts (HM Treasury, 2022^[68]) une adaptation au fur et à mesure que l'on tire les leçons de ce qui fonctionne et de ce qui ne fonctionne pas (Jetel, 2022^[69]). Tous les aspects de la politique et de la gouvernance en matière de STI sont impliqués (Graphique 3.1) et peuvent être considérés en termes de :

- **Ressources STI** : Financement de la STI, infrastructures de recherche et de technologie, technologies de rupture, compétences et capacités, conditions de marché et structurelles, et renseignement stratégique.
- **Relations STI** : entre STI et la société ; entre les secteurs public, privé et à but non lucratif ; entre les différentes parties du gouvernement ; et au niveau international.

Cette section présente certains des principaux défis dans ces domaines de la politique STI et décrit une série d'actions politiques correspondantes qui pourraient faciliter la transformation de la STI et des

systèmes de politique STI. Ces actions sont résumées dans les tableaux 3.1 et 3.2. Certaines actions seront plus faciles à mettre en œuvre que d'autres, en fonction des conditions locales dans un pays ou un secteur. L'OCDE prépare des orientations politiques supplémentaires pour aider les décideurs à mettre en œuvre ces actions et, plus généralement, les orientations du programme porteur de transformations.

Figure 3.1. Les dix domaines politiques de la STI abordés dans le programme transformateur

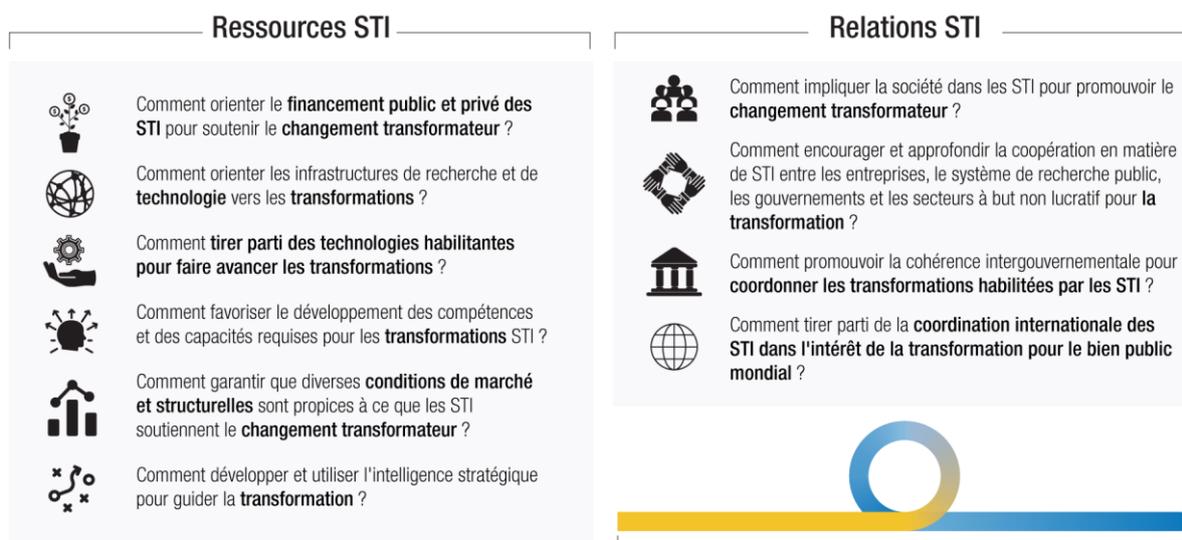


Tableau 3.1. Domaines d'action "ressources" de la STI et actions politiques clés associées pour la transformation

Domaine politique	Principales mesures politiques
1. Financement public et financement privé des activités STI	<ul style="list-style-type: none"> • Introduire des dispositions de gouvernance qui favorisent un financement agile de la science, de la technologie et de l'innovation • Élargir l'engagement des parties prenantes et les critères de décision dans la conception et la mise en œuvre des instruments de financement de la STI • Déployer des portefeuilles de financement qui comprennent un soutien important à la recherche à haut risque et à haut rendement et au développement de technologies de pointe. • Socialiser certains niveaux de risque plus élevés afin d'encourager de multiples investisseurs à cofinancer des STI transformatrices
2. Infrastructures de recherche et de technologie	<ul style="list-style-type: none"> • Adopter des approches de financement stratégiques qui renforcent la stabilité, tout en permettant la souplesse et les synergies au sein d'un portefeuille d'activités. • Soutenir le développement et l'utilisation coordonnés et collaboratifs des IR/TI pour relever des défis mondiaux complexes et interconnectés. • Confirmer que les IR/TI sont des sites qui génèrent et gèrent des données et des technologies de haute qualité pour les transformations. • Tirer parti des IR/TI pour remédier à la pénurie et à l'inadéquation des compétences associées à la transformation
3. Technologies de rupture	<ul style="list-style-type: none"> • Accélérer la productivité de la recherche grâce à l'IA et à l'automatisation dans le domaine scientifique • Intégrer la transformation numérique dans la réalisation des objectifs de transformation • Exploiter les technologies numériques pour faciliter la prise de décision en matière de politique et d'administration STI • Intégrer des valeurs communes dans le développement et la gouvernance des technologies afin de promouvoir le bien public tout en atténuant les risques potentiels • Renforcer la coopération internationale dans le domaine du développement de la science, de la technologie et de l'innovation grâce à des pratiques éthiques, des normes et une compréhension communes de la bonne gouvernance technologique.
4. Compétences et capacités	<ul style="list-style-type: none"> • Surveiller et répondre à l'inadéquation entre l'offre et la demande de compétences afin de faciliter des changements transformateurs équitables

	<ul style="list-style-type: none"> • Investir dans le développement de l'expertise numérique et des compétences et connaissances spécialisées dans diverses communautés • Cultiver un personnel de recherche scientifique résilient et diversifié • Renforcer les capacités organisationnelles pour gérer la nature transversale et à long terme de la transformation
5. Conditions structurelles et de marché	<ul style="list-style-type: none"> • Coordonner avec d'autres domaines politiques afin d'uniformiser les règles du jeu pour que les technologies de transformation et l'innovation puissent être compétitives. • Promouvoir des normes techniques internationales pour débloquer de nouveaux marchés et affaiblir l'attrait des technologies établies • Adopter des approches réglementaires agiles, neutres sur le plan technologique et centrées sur l'humain • Utiliser les systèmes de DPI pour stimuler l'innovation et favoriser l'adoption à grande échelle de technologies transformatrices • Harmoniser, légitimer et institutionnaliser les approches d'investissement transformatrices
6. Intelligence stratégique	<ul style="list-style-type: none"> • Soutenir des sources nouvelles et distribuées de renseignements stratégiques pour relever les défis mondiaux • Élaborer des dispositifs permettant de combiner différents types de renseignements stratégiques pour l'élaboration de la politique en matière de STI • Cultiver les compétences et les capacités qui favorisent l'utilisation de le renseignement stratégique dans l'élaboration des politiques STI • Mettre en œuvre un programme stratégique de "politiques fondées sur des données probantes" qui encourage la production et l'utilisation de le renseignement stratégique en vue d'un changement transformateur.

Tableau 3.2. Domaines d'action "relations" en matière de STI et actions politiques clés associées pour la transformation

Domaine politique	Principales mesures politiques
7. Relations entre la société et l'ITC	<ul style="list-style-type: none"> • Améliorer les pratiques de communication en matière de STI afin de cultiver la confiance et la compréhension mutuelles • Engager des perspectives diverses et inclusives pour développer des solutions plus solides et plus pertinentes basées sur la STI • Intégrer et renforcer la participation du public aux activités et à l'élaboration des politiques en matière de STI • Promouvoir et renforcer les activités STI menées par les citoyens grâce à l'expérimentation et au partage des connaissances
8. Coopération STI	<ul style="list-style-type: none"> • Construire des écosystèmes d'innovation et des chaînes de valeur qui soutiennent la transformation • Développer des approches de gouvernance flexibles pour les collaborations visant la transformation • Promouvoir des plateformes de collaboration pour soutenir l'innovation en vue d'changements transformateurs • Perturber les hiérarchies de connaissances établies qui empêchent l'adoption d'idées provenant de diverses disciplines.
9. Cohérence intergouvernementale	<ul style="list-style-type: none"> • Coordonner et aligner activement les priorités et les interventions au sein du gouvernement • Promouvoir la cohérence des actions politiques entre les différents niveaux de gouvernement • Harmoniser les infrastructures et les procédures gouvernementales pour améliorer le partage des connaissances et la coopération • Rationaliser les dispositifs de gouvernance complexes
10. Coordination internationale en matière de STI	<ul style="list-style-type: none"> • Aligner les priorités nationales en matière de STI transformatrice et coordonner le financement des activités de recherche et d'innovation pour relever les défis mondiaux • Renforcer la science ouverte et le partage des connaissances afin d'améliorer la résilience mondiale et d'intensifier les efforts pour relever les défis collectifs • Sauvegarder l'intégrité de la recherche et la sécurité du système de recherche mondial • Renforcer les partenariats multilatéraux inclusifs pour répondre de manière efficace et équitable aux défis mondiaux • Favoriser les conditions du marché international qui renforcent la compétitivité et l'accès équitable aux solutions émergentes fondées sur la STI

01

Financement public de
la STI et financement privé

Comment orienter le financement public et privé de la science, de la technologie et de l'innovation pour accompagner les changements transformateurs ?

Les changements transformateurs exigent des niveaux ambitieux d'investissement dans la STI sur une longue période, couvrant toutes les parties de la chaîne d'innovation, depuis la recherche fondamentale exploratoire jusqu'au déploiement et à la diffusion des technologies testées. Ces investissements sont répartis entre différents acteurs au sein des systèmes publics de recherche et d'innovation et de l'industrie privée. Ils comprennent donc le financement public des STI par les ministères et agences de la recherche et de l'innovation, ainsi que par les ministères et agences sectoriels dans des domaines tels que l'énergie, les transports, l'agriculture et la santé. Ils couvrent également le financement privé des STI, par exemple par des entreprises actives dans la recherche et l'innovation (y compris les investisseurs directs étrangers), les banques¹⁶, les organisations à but non lucratif ou philanthropiques, et d'autres sources de financement innovant, qui peuvent toutes être stimulées par les politiques publiques.

En plus de maintenir les dépenses de R&D, les gouvernements devraient réfléchir à la manière dont leurs investissements sont effectués et aux parties de la chaîne d'innovation qu'ils ciblent. Par exemple, en soutenant la recherche menée dans les universités et les instituts de recherche publics, les gouvernements doivent envisager d'équilibrer le financement de la R&D dirigée vers les défis, qui peut aider à orienter les efforts de recherche et d'innovation vers les objectifs de transformation, et la science fondamentale axée sur la curiosité, qui est associée à diverses percées et contribue à un stock mondial de connaissances qui fournit aux sociétés la résilience dont elles ont besoin.

Au cours des deux dernières décennies, les instruments politiques déployés par la plupart des pays de l'OCDE pour soutenir la R&D des entreprises ont connu des changements considérables, avec un passage quasi universel du soutien financier direct, par exemple sous forme de subventions, à un recours accru aux incitations fiscales en faveur de la R&D. Si ces deux types de mesures sont utiles, l'urgence croissante de relever des défis sociétaux majeurs, tels que le changement climatique, met en évidence l'intérêt d'une approche plus directive.

Une autre question politique importante est de savoir dans quelle mesure il convient d'investir dans la diffusion des technologies existantes et dans l'innovation, d'une part, par rapport à la R&D et à la démonstration technologique, d'autre part. Bien que les deux soient nécessaires, l'importance relative du soutien au déploiement (market pull) par rapport au soutien à la R&D et à la démonstration (technology push) devrait augmenter à mesure que l'on passe de technologies immatures à des technologies plus proches de la compétitivité commerciale (OECD, 2023^[31]) (Cervantes et al., 2023^[70]).

Les décideurs politiques en matière de STI peuvent poursuivre les objectifs de transformation par le biais des actions politiques suivantes :

- **Introduire des dispositions de gouvernance qui favorisent un financement agile de la science, de la technologie et de l'innovation** : Des processus de financement et de définition des priorités plus souples peuvent améliorer la résilience des systèmes STI et leur capacité à répondre plus rapidement et plus efficacement aux crises émergentes et à l'évolution des défis sociétaux. Si la flexibilité du financement (par exemple, la réaffectation ou le report de fonds) a augmenté dans une majorité de pays de l'OCDE ces dernières années, il sera important qu'elle s'accompagne d'une plus grande attention portée à des objectifs particuliers et à la reddition de comptes (OECD, 2017^[71]). Cela peut nécessiter des changements fondamentaux dans les processus d'établissement des programmes et des budgets,¹⁷ et des modifications des cadres

d'évaluation et d'incitation sous-jacents utilisés dans la R&D publique afin de briser les silos du système STI. Il est également possible de continuer à expérimenter les innovations politiques adoptées en réponse à la pandémie de COVID-19, telles que l'amélioration de la communication entre les organismes de financement et les bénéficiaires et les processus d'examen rapide (OECD, 2023^[72]). La promotion de la flexibilité pourrait également englober une série de mécanismes de financement ciblant la STI dans les entreprises, tels que les laboratoires de financement durable et les fonds d'innovation agiles ciblant les entreprises qui se lancent dans la R&D (Loorbach, Schoenmaker and Schramade, 2020^[73]; Enterprise Ireland, 2022^[74]). En outre, la recherche axée sur les défis ou les missions devrait laisser suffisamment d'autonomie aux chercheurs pour qu'ils puissent choisir parmi diverses voies technologiques afin d'atteindre les objectifs fixés, de manière à permettre le développement de solutions technologiques "inattendues". (de Silva et al., 2023^[75]).

- **Élargir l'engagement des parties prenantes et les critères de décision dans la conception et la mise en œuvre des instruments de financement de la STI** : Les obstacles à la réalisation des objectifs de transformation sont multidimensionnels, multiscales, interdépendants et évolutifs. La recherche axée sur les défis bénéficie de l'intégration de l'expertise et des connaissances de différentes disciplines et de différents secteurs de la société. Il sera essentiel d'accroître le financement public alloué aux activités largement collaboratives, mais dans de nombreux pays et domaines scientifiques, la recherche collaborative, en particulier celle qui est transdisciplinaire, reste relativement rare. La recherche universitaire et les processus d'évaluation qui donnent la priorité aux résultats académiques traditionnels, tels que les publications dans des revues, peuvent décourager les activités STI collaboratives qui cherchent à rassembler des acteurs de différentes disciplines scientifiques et de différents secteurs. Les décideurs politiques devraient réexaminer et, dans la mesure du possible, réorienter les cadres de critères de financement établis pour l'évaluation ex ante et ex post afin d'encourager la recherche inter- et transdisciplinaire.¹⁸
- **Déployer des portefeuilles d'instruments de financement qui incluent un soutien significatif à la recherche à haut risque et à haut rendement, ainsi qu'au développement de technologies de pointe** : Ces dernières années, la communauté scientifique s'inquiète de plus en plus du fait que les processus de financement de la recherche sont devenus trop conservateurs et n'encouragent que des avancées incrémentales dans le domaine de la science, de la technologie et de l'innovation. Le fait de ne pas encourager et soutenir la recherche sur des idées risquées, "hors des sentiers battus", peut compromettre la capacité à long terme d'un pays à être compétitif sur le plan économique et à mettre la science au service de la résolution des problèmes nationaux et internationaux. Les décideurs politiques devraient apporter un soutien à long terme à la prise de risque et aux horizons lointains pour la recherche à haut risque et à haut rendement,¹⁹ tandis que les organismes de financement devraient expérimenter différentes approches. (OECD, 2021^[76]).²⁰ De même, les mesures directes, y compris les subventions, prêts et crédits en faveur de la R&D et les marchés publics, (par exemple, les incitations fiscales en faveur de la R&D) sont supérieures aux mesures indirectes pour soutenir l'innovation et la technologie de rupture dans les entreprises, elles seront essentielles pour faire progresser les transitions en matière de durabilité et la résilience des systèmes socio-économiques (OECD, 2021^[77]). Les mesures de ce type devraient occuper une place plus importante dans les portefeuilles de politiques STI.²¹ Étant donné que la recherche scientifique et l'innovation technologique sont intrinsèquement incertaines, le soutien politique devrait "diversifier ses investissements" sur une gamme de solutions avec une approche de gestion de portefeuille. Cela permettra d'éviter les enfermements technologiques et de développer les capacités d'absorption pour accéder aux connaissances et aux technologies développées à l'étranger. Une approche de portefeuille devrait également équilibrer le soutien financier entre les différentes étapes de la chaîne d'innovation et promouvoir les interactions et les complémentarités pour aider à accompagner les idées de la conception à l'application et à combler certaines "vallées de la mort".²² Il n'existe pas de solution unique et la composition de ces portefeuilles, ainsi que les domaines de recherche, les technologies, les industries et les autres formes d'innovation qui seront

privilegiés, dépendront dans une large mesure du contexte actuel de chaque pays et des perspectives d'avenir auxquels il aspire.

- **Socialiser certains risque de niveaux plus élevés pour encourager les investisseurs à cofinancer à plusieurs les STI transformatives** : plusieurs défaillances du marché des capitaux découragent l'allocation d'investissements privés dans les technologies qui favorisent les changements transformateurs.²³ Par exemple, il existe souvent des alternatives anciennes aux technologies à faibles émissions, tandis que les solutions technologiques profondément innovantes sont connues pour être plus intensives avec des calendriers de développement qui ne s'alignent pas sur les exigences d'investissement du secteur privé. Les gouvernements peuvent utiliser des outils d'atténuation des risques, tels que des mécanismes de première perte et des systèmes de garantie des capitaux propres, pour aider les entreprises à franchir les "vallées de la mort" à différents stades de la chaîne d'innovation. Des approches telles que le "financement mixte", qui est initialement apparu comme un outil innovant pour recueillir des financements privés pour des projets de développement durables dans les pays en développement (Samans, 2016^[78]), gagnent du terrain dans le domaine de la politique STI en tant que moyen de combiner les financements publics et privés tout au long de la chaîne d'innovation (OECD, 2022^[79]) (Miedzinski et al., 2020^[80]). Les gouvernements devraient continuer à expérimenter ces approches, qui ont le potentiel d'orienter le financement de la STI et d'aider à accroître les investissements privés dans la R&D et l'innovation afin de mieux répondre aux défis mondiaux dans les pays développés et en développement.

02

Infrastructures de recherche et de technologie



Comment orienter les infrastructures de recherche et de technologie vers la transformation ?

Les infrastructures de recherche (IR) et les infrastructures technologiques (IT) sont essentielles à la recherche et à l'innovation de pointe dans la plupart des domaines scientifiques et technologiques. Les IR sont de natures diverses, allant de très grandes IR et/ou internationales à des installations plus modestes hébergées dans de nombreux instituts de recherche publics, organismes de recherche et de technologie (RTO) et universités, y compris les universités techniques et polytechniques. Un nombre croissant d'IR sont composées de plusieurs installations situées sur différents sites. Les IR comprennent également des infrastructures électroniques et des dépôts numériques, ainsi que des infrastructures de calcul à haute performance. Les IT sont similaires aux IR en ce sens qu'elles ont une mission de service et sont situées dans des RTO et des universités. Toutefois, leurs activités visent à produire des innovations technologiques et sociales pour les besoins de l'industrie et du secteur public plutôt que de la recherche fondamentale. Cette distinction peut être spécifique au contexte et au pays, car de nombreuses installations soutiennent à la fois la recherche fondamentale et la recherche appliquée.

Les IR/IT ont le potentiel de contribuer de manière significative à l'avancement et à l'accélération des programmes de changements transformateurs. Cela s'explique en partie par la diversité des rôles qu'ils jouent dans les systèmes STI. Outre la production de connaissances, les IR/IT organisent diverses collaborations, génèrent et stockent des données de haute qualité, développent et déploient des technologies de rupture, et dispensent un enseignement et une formation. Les installations des IR/IT, telles que les démonstrateurs, les bancs d'essai, les installations de pilotage et les *living labs*, sont essentielles pour soutenir l'étape difficile de la démonstration et de la mise à l'échelle des solutions. Dans le même temps, il existe également un risque que les IR/IT représentent régulièrement des moments de verrouillage

technologiques, du fait d'investissements à fonds perdus substantiels et d'obligations envers des parties prenantes influentes, ce qui peut entraver les programmes de transformation.

Les décideurs politiques en matière de STI peuvent poursuivre les objectifs de transformation par le biais des actions politiques suivantes :

Adopter des approches de financement stratégiques qui renforcent la stabilité, tout en permettant l'agilité et les synergies au sein d'un portefeuille d'activités : Les IR/TI représentent des investissements stratégiques à long terme dans la R&D, qui sont indispensables pour permettre et développer la recherche et l'innovation avec des impacts socio-économiques plus larges. Elles nécessitent donc une planification minutieuse et un soutien continu et stable, qui va au-delà de simples considérations financières (OECD, 2017^[81]). En outre, leur durabilité ne peut pas être abordée uniquement au niveau des installations individuelles. La diversité des missions et des utilisateurs des IR/TI exige que les organismes de financement et les gouvernements adoptent une approche de gestion de portefeuille plus large et plus collaborative afin de permettre une planification à long terme, de concilier le besoin de flexibilité avec les contraintes financières et de faciliter le développement de synergies (OECD/Science Europe, 2020^[82]).

- **Soutenir le développement et l'utilisation coordonnés et collaboratifs des IR/TI pour relever des défis mondiaux complexes et interconnectés** : Les IR/TI sont particulièrement bien placées en tant qu'"intermédiaires de système" pour soutenir les efforts de recherche et d'innovation interdisciplinaires et intersectoriels qui s'attaquent à des questions transversales, réduisant la duplication et créant des synergies. De nombreux IR sont ouverts à l'intensification des activités avec l'industrie, mais limités par les attentes et les incitations actuelles. Les cloisonnements structurels et les goulets d'étranglement procéduraux entravent le développement d'écosystèmes IR/TI intégrés et de collaborations diverses (Larrue and Strauka, 2022^[83]). Pourtant, la crise du COVID-19 a mis en évidence la valeur ajoutée de la collaboration entre les IR et les IT pour résoudre des problèmes scientifiques et sociaux complexes (OECD, 2023^[84]). L'expérimentation de modèles de contribution et d'accès en nature plus souples et plus inclusifs peut promouvoir des écosystèmes RI/TI intégrés qui renforcent le lien entre la science fondamentale et la résolution de défis sociétaux complexes (OECD, 2023^[85]). Encourager le co-investissement et le co-développement avec l'industrie peut renforcer les partenariats et étendre l'influence du financement public pour les IT.
- **Confirmer les IR/TI en tant que sites de production et d'intendance de données et de technologies de haute qualité pour les transformations** : Les capacités et les politiques de gestion et d'intendance des données des IR/TI joueront un rôle important dans l'avancement des programmes de science ouverte, tout en contribuant à la sécurité et à l'intégrité des activités et des résultats de la recherche. La coordination et la coopération entre les IR seront essentielles pour améliorer la découvrabilité et l'interopérabilité des données dans tous les domaines scientifiques grâce à des normes transparentes. (GloPID-R, 2019^[86]). En outre, en raison des exigences d'excellence et de la validation des données par une large base d'utilisateurs, les IR/IT représentent une source unique de données fiables pour les décideurs politiques et le public. Les installations et l'expertise des IT pour tester, normaliser et développer les technologies, y compris les technologies de rupture, seront cruciales pour la mise au point de nouvelles solutions. Les IT sont également une composante essentielle de l'infrastructure de qualité et du renseignement stratégique sous-jacente qui garantit la qualité et la sécurité des solutions basée sur la STI (Kellermann, 2019^[87]) (Brown, Knee and Blind, 2022^[88]). Les organismes de financement devraient donc fournir les ressources nécessaires pour soutenir ces activités. En outre, des modèles de financement collaboratifs et innovants, tels que le financement mixte, seront utiles pour aligner les services et les activités de l'établissement sur les besoins des partenaires et des utilisateurs.
- **Tirer parti des IR/TI pour remédier à la pénurie et à l'inadéquation des compétences associées à la transformation** : Les IR/TI peuvent contribuer à développer des ensembles de

compétences générales et spécialisées (par exemple, l'expertise numérique), ainsi que des capacités organisationnelles (par exemple, la capacité d'absorption des PME) requises pour les changements transformateurs. Elles sont bien placées pour contribuer aux efforts de renforcement des capacités par le biais d'une mobilité accrue de la main-d'œuvre, de partenariats industriels et d'une formation multimodale. En outre, comme les IR/TI sont de plus en plus impliquées dans des défis sociétaux complexes, elles sont désormais utilisées par des communautés non expertes plus larges, y compris le public, les entrepreneurs et les start-ups. Soutenir leur utilisation par de nouvelles communautés peut donc contribuer à améliorer la culture scientifique et numérique des non-experts et les capacités dynamiques des entreprises. Tirer ce bénéfice des IR/TI nécessite l'évaluation et l'adaptation des mécanismes d'accès, tels qu'une disponibilité accrue de l'accès à distance, afin de faciliter l'utilisation par des communautés ciblées et potentiellement nouvelles. Des engagements financiers correspondants et durables peuvent également être justifiés pour améliorer la capacité des IR/TI à répondre aux nouvelles demandes et besoins des utilisateurs.



Comment tirer parti des technologies de rupture pour faire avancer les transformations ?

L'émergence, l'intensification et le déploiement de technologies de rupture transforment les activités de STI. Les technologies numériques, par exemple, accélèrent déjà les innovations pour les transitions en matière de développement durable, avec l'intelligence artificielle (IA) et l'internet des objets (IdO) qui soutiennent les réseaux intelligents, réduisent la consommation d'énergie et de ressources dans l'industrie et augmentent l'efficacité des parcs éoliens et solaires (Amoroso et al., 2021^[89]) (OECD, 2022^[90]). De même, l'exploitation des biotechnologies, telles que l'édition de gènes et la biologie de synthèse, promet de révolutionner de nombreuses industries et de contribuer à des transitions durables (OECD, 2014^[91]) (Philp and Winickoff, 2018^[92]). Certaines de ces technologies de rupture sont bien établies, mais beaucoup sont en cours de développement actif, caractérisé par une expansion rapide, l'évolution, la nouveauté et l'incertitude de la trajectoire et de l'impact (OECD, 2024^[29]). Nombre d'entre elles sont également en train de converger, et avec ces liens émergents apparaissent les synergies et avantages qui en résultent. Le rôle des technologies de rupture dans la recherche sur les défis mondiaux a été moins pris en considération, mais l'utilisation de l'IA, par exemple, pourrait accroître la productivité de la science, à la fois en permettant d'accroître les connaissances mais aussi en aidant la science à devenir plus efficiente (OECD, 2023^[93]).

La dynamique actuelle des technologies émergentes et convergentes échappe largement au champ d'intervention des pouvoirs publics, mais ces derniers peuvent diagnostiquer ce qui se passe et, sur cette base, définir des interventions susceptibles de moduler les évolutions et de les orienter dans de meilleures directions. (OECD, 2014^[94]). En particulier, l'accélération du développement et de la mise à l'échelle des technologies pertinentes peut être soutenue à long terme par des efforts supplémentaires visant à anticiper et à atténuer les perturbations sociales qui peuvent en résulter. Par exemple, la numérisation s'accompagne de risques liés à la cybersécurité et à la protection de la vie privée et peut être coûteuse en raison de la nécessité de mettre en place des infrastructures spécifiques et des capacités spécialisées (Winickoff et al., 2021^[95]) tandis que la persistance des fractures numériques entrave le développement de nombreuses personnes et contribue à creuser l'écart avec des populations déjà marginalisées (OECD, 2021^[96]). La bonne gouvernance technologique - définie comme le processus d'exercice de l'autorité politique, économique et administrative dans le développement, la diffusion et le fonctionnement de la technologie dans les sociétés (OECD, 2018^[97]) (OECD, 2023^[98]) - peut contribuer à façonner le développement technologique afin de garantir une innovation plus bénéfique et plus responsable.

Les décideurs politiques en matière de STI peuvent poursuivre les objectifs de transformation par le biais des actions politiques suivantes :

- **Accélérer la productivité de la recherche grâce à l'IA et à l'automatisation dans le domaine scientifique.** Si l'IA pénètre tous les domaines et toutes les étapes de la science, son potentiel est loin d'être pleinement exploité. Dans un contexte où certains chercheurs affirment que la science devient plus difficile, l'IA dans la recherche pourrait soutenir la capacité des pays de l'OCDE à croître, à innover et à relever les défis mondiaux - du changement climatique aux nouvelles maladies contagieuses - et aider à faire face au fardeau économique du vieillissement rapide de la population. En outre, les robots de laboratoire pourraient révolutionner certains domaines scientifiques, en réduisant le coût et en accélérant considérablement le rythme de l'expérimentation. Les décideurs politiques et les acteurs des systèmes de recherche peuvent faire beaucoup pour accélérer et approfondir l'adoption de l'IA et de l'automatisation dans les sciences.

Ils peuvent par exemple cibler les champs de recherche où des percées sont encore nécessaires pour intégrer l'IA dans les sciences et l'ingénierie, promouvoir des programmes multidisciplinaires ambitieux, améliorer l'accès au calcul à haute performance et aux logiciels, prendre des mesures pour améliorer la reproductibilité de la recherche sur l'IA et s'attaquer aux dangers potentiels liés au double usage des découvertes permises par l'IA. (OECD, 2023^[93]).

- **Intégrer la transformation numérique dans la réalisation des objectifs de transformation** : De nombreuses innovations modernes sont de nouveaux produits, processus ou modèles d'entreprise qui sont, au moins en partie, rendus possibles par les technologies numériques ou intégrés dans des données et des logiciels. Les processus d'innovation eux-mêmes évoluent à l'ère de la transformation numérique, par exemple avec l'utilisation d'analyses basées sur l'IA qui permettent des expériences à grande échelle dans la recherche et de nouvelles techniques de simulation et de prototypage virtuels pour développer de nouveaux produits. La création d'une nouvelle valeur grâce à l'innovation fondée sur les données exige que les entreprises adoptent des TIC plus récentes et plus avancées, investissent dans des actifs incorporels et développent ou acquièrent des compétences pertinentes. Le champ des possibles interventions politiques STI en soutien est vaste et comprend des mesures qui renforcent les capacités numériques des entreprises (en particulier des PME), améliorent l'accès ouvert aux données (avec des protections pour la vie privée et la sécurité) et les infrastructures de données (telles que le calcul à haute performance), et promeuvent les partenariats public-privé en matière de R & D (OECD, 2019^[99]; Gierten et al., 2021^[100]; OECD, 2021^[101]).
- **Exploiter les technologies numériques pour faciliter la prise de décision en matière de politique et d'administration de la science, de la technologie et de l'innovation** : Le rythme rapide du changement technologique, associé à un besoin pressant de solutions pour relever les défis mondiaux, signifie que les décideurs politiques sont contraints d'élaborer des politiques STI à un rythme soutenu, dans des situations de grande incertitude et, dans certains cas, autour de domaines technologiques potentiellement controversés. Le déploiement d'outils numériques, tels que l'IA, peut étendre et accroître la capacité des décideurs politiques et des chercheurs à suivre, exploiter et intégrer le renseignement en temps réel et/ou les avancées scientifiques dans l'élaboration des politiques et les activités STI, et contribuer à élargir la base de données probantes sur laquelle la recherche est évaluée. Toutefois, pour réaliser ce potentiel, il faut surmonter plusieurs obstacles liés à la qualité des données, à l'interopérabilité, aux compétences numériques, au financement durable et aux réglementations en matière de protection des données. Les ministères et les agences responsables des politiques et des programmes STI devraient coordonner les systèmes de politique numérique et partager les ressources dans le cadre d'une politique cohérente de partage et de réutilisation des données dans l'ensemble du secteur public. (OECD, 2020^[102]).
- **Intégrer des valeurs communes dans le développement et la gouvernance des technologies afin de promouvoir le bien public tout en atténuant les risques potentiels** : Les acteurs de l'innovation devraient chercher à aligner le développement technologique sur les valeurs institutionnelles et sociales, par exemple, par l'élaboration de lignes directrices, de codes de pratique et de réglementations en fonction du stade de développement de la technologie. (OECD, 2024^[29]). Un tel alignement peut contribuer à maximiser les avantages de l'innovation et à susciter un plus grand soutien de la part des parties prenantes et de la société. Le *cadre de l'OCDE pour la gouvernance anticipée des technologies émergentes* peut contribuer à orienter cette approche de la politique technologique en encourageant l'intégration de valeurs tout au long du processus d'innovation, y compris dans les phases précoces (OECD, 2024^[29]). Au-delà, une action concrète visant à mieux refléter les valeurs et les priorités collectives dans la gouvernance technologique pourrait être réalisée grâce à la participation des citoyens aux activités STI et à l'élaboration des politiques.

- **Renforcer la coopération internationale dans le développement de la STI par des pratiques éthiques communes, des normes et une compréhension de la bonne gouvernance technologique.** Il existe un décalage entre la nature transfrontalière de la technologie et les limites juridictionnelles de la gouvernance et de la réglementation. Le développement, l'utilisation et les effets des technologies émergentes dépassent les frontières nationales, ce qui souligne l'importance des approches multilatérales en matière de gouvernance. Approfondissement de la concurrence stratégique (OECD, 2023^[103]) Tout en étant un moteur d'innovation, l'intensification de la concurrence stratégique risque d'exercer une pression du moins-disant sur les contrôles éventuellement nécessaires pour promouvoir une innovation responsable. Cela souligne la valeur des efforts visant à coconcevoir au niveau international des pratiques éthiques communes, des normes et une compréhension mutuelle de la bonne gouvernance technologique. Les principes et les lignes directrices sont une modalité attrayante pour les acteurs internationaux, transnationaux et/ou mondiaux pour prendre des engagements moraux et politiques tout en conservant une certaine flexibilité et adaptabilité à des circonstances différentes et évolutives. (OECD, 2024^[29]).



Comment développer les compétences et les capacités nécessaires à une transformation permise par la STI ?

Les changements transformateurs exigent des initiatives politiques qui comblerent les lacunes dans les compétences et les capacités organisationnelles des entreprises, des gouvernements, des acteurs de la recherche et du public.²⁴ Les lacunes actuelles concernent à la fois les compétences technologiques et les compétences plus "douces", c'est-à-dire les compétences en matière de traitement de l'information, les compétences socio-émotionnelles et les compétences métacognitives (OECD, 2015_[104]) (OECD, 2020_[105]) (OECD, 2023_[106]) (OECD, 2023_[107]). Pour remédier à ces lacunes, il faudra adopter une approche multi-agences qui tienne compte à la fois de l'offre et de la demande. Cependant, il existe également un manque de compréhension empirique des compétences et des capacités nécessaires pour atteindre les objectifs de transformation, ainsi que des compétences susceptibles d'être requises dans les nouveaux systèmes socio-économiques qui émergeront.

De nombreuses lacunes en matière de compétences et de capacités sont liées à de nouvelles méthodes de travail et ont un impact sur une diversité de parties prenantes. Par exemple, une politique plus directive, expérimentale, anticipative, systémique et inclusive exigera des décideurs politiques qu'ils utilisent des compétences et des processus organisationnels souvent sous-développés, tels que l'intégration de données empiriques dans les décisions et l'adoption de perspectives à long terme. (OECD, 2021_[108]). En ce qui concerne les systèmes STI nationaux, la précarité des carrières dans la recherche et la représentation limitée de certains groupes démographiques ont des répercussions sur la capacité des systèmes STI à générer des connaissances, des technologies ou des innovations qui répondent aux besoins de divers groupes (OECD, 2021_[109]). De manière plus générale, on s'attend à ce que les changements transformateurs découlant des transitions écologiques et numériques, ainsi que d'autres avancées technologiques, créent un décalage entre l'offre et la demande de compétences qui aura un impact disproportionné sur les groupes marginalisés (Kanger, Sovacool and Noorköiv, 2020_[110]).

Les décideurs politiques en matière de STI peuvent poursuivre les objectifs de transformation par le biais des actions politiques suivantes :

- **Surveiller l'offre et la demande de compétences mal alignées et y répondre pour faciliter des changements transformateurs équitables** : Les transitions écologiques et numériques perturbent les marchés du travail et risquent d'exacerber les inégalités existantes. (OECD, 2023_[106]) (Global Deal, 2023_[111]). Une meilleure anticipation des besoins en compétences, par exemple au moyen d'une cartographie de l'industrie et des compétences ou d'exercices de prospective des compétences, peut contribuer à faire avancer les transformations (OECD, 2019_[51]). Les innovations politiques peuvent également s'attaquer à l'inadéquation des compétences. Par exemple, certaines juridictions ont mis en place des initiatives de micro-crédits pour permettre aux organisations et aux individus d'acquérir rapidement des ensembles précis de compétences modulaires et accréditées (Varadarajan, Koh and Daniel, 2023_[112]).²⁵
- **Investir dans le développement de l'expertise numérique et des compétences et connaissances spécialisées dans diverses communautés** : Les technologies de rupture, telles que les outils numériques, transformeront radicalement les STI et les systèmes sociotechniques. Par exemple, les outils numériques sont essentiels pour garantir l'accessibilité et la réutilisation des données et ont le potentiel d'augmenter les capacités humaines. Les politiques devraient aider certains acteurs à cultiver et à maintenir les compétences correspondantes. Cela peut prendre la forme de nouvelles opportunités de formation et d'éducation pour le public et les industries de

faible technologie afin de les aider à adopter et à s'adapter aux nouvelles technologies. Les politiques devraient également viser au développement des compétences numériques au sein des PME par le biais de formations soutenues par les pouvoirs publics. (OECD, 2019^[51]). Il existe parallèlement une possibilité de soutenir le développement de compétences et de connaissances plus spécialisées pour la communauté des chercheurs afin d'intégrer les considérations juridiques, éthiques et de sécurité dans les activités numériques ou basées sur les données (OECD, 2020^[113]).

- **Cultiver un personnel de recherche scientifique résilient et diversifié** : Le manque de diversité et de résilience du personnel de recherche est dû en grande partie aux cadres d'évaluation et d'incitation établis, à la concurrence extrême pour le financement et à la diminution du nombre de postes permanents. (OECD, 2021^[109]). Les conclusions actuelles indiquent que les décideurs politiques peuvent contribuer à résoudre les problèmes sous-jacents, en partie, en adaptant les cadres d'évaluation. Idéalement, l'évaluation devrait englober un cadre plus large de l'excellence et de la performance de la recherche qui inclut les multiples formes que peut prendre le résultat de la recherche, différents modes de recherche et l'implication publique et politique. En outre, prendre des mesures pour améliorer la diversité des parcours professionnels offerts aux chercheurs doctorants et postdoctorants pourrait contribuer à retenir une main-d'œuvre de recherche résiliente qui soit également représentative de la société (OECD, 2023^[114]). Par exemple, l'instrument politique pour faciliter la mobilité internationale et intersectorielle, ou le développement de compétences transférables (par exemple, la gestion de projet, le travail d'équipe et la communication).
- **Renforcer les capacités organisationnelles pour gérer la nature transversale et à long terme de la transformation** : Les gouvernements, le système de recherche publique et l'industrie auront besoin de capacités organisationnelles spécifiques pour répondre efficacement à des défis sociétaux complexes, interconnectés et évoluant rapidement. (OECD, 2021^[108]). De nouveaux processus et méthodes de travail favorisant la réflexivité, l'apprentissage et l'adaptation sont nécessaires pour gérer la complexité, l'incertitude et l'ambiguïté (Borrás et al., 2023^[115]). Les capacités dynamiques sont importantes pour la capacité des entreprises à contribuer et à prendre part à un changement transformateur, et donc à faire progresser efficacement ce changement. Par exemple, des résultats récents suggèrent que l'agilité organisationnelle (c'est-à-dire la capacité d'identifier et de poursuivre des opportunités et de s'adapter au changement) est fondamentale pour la capacité des entreprises à développer des modèles d'entreprise, des produits et systèmes de production circulaires. (Castro-Lopez, Iglesias and Santos-Vijande, 2023^[116]). Au sein du gouvernement, traduire l'expérimentation en impact nécessitera des compétences politiques et des capacités organisationnelles pour adopter une approche plus systématique au niveau de l'élaboration des stratégies et de la mise en œuvre des politiques. ²⁶



Comment s'assurer que les conditions du marché et les conditions structurelles permettent à la STI d'accompagner les changements transformateurs ?

Les rôles que la science et l'innovation technologique peuvent jouer dans la réalisation des objectifs de transformation sont déterminés par un large éventail de facteurs structurels et institutionnels. Ceux-ci peuvent être très divers, notamment les instruments juridiques qui influencent la structure et le fonctionnement des marchés commerciaux, financiers, du travail et de la propriété intellectuelle ; la formation et le contenu de la réglementation et des normes ; la fiscalité des entreprises ; la politique commerciale et d'investissement ; la disponibilité de l'infrastructure physique sous-jacente ; et les cadres moins formels, tels que l'éthique, la culture et les normes, parmi d'autres. Des facteurs tels que la structure industrielle, la dotation en ressources naturelles, les conditions macroéconomiques, la géographie et la géopolitique jouent également un rôle important dans le choix des activités STI et des résultats déployés.

27

Les paramètres qui définissent ce cadre, qui ne relèvent généralement pas des compétences immédiates de la politique STI, peuvent constituer des points critiques importants pour la promotion des changements transformateurs fondé sur la STI. Elles peuvent également constituer des obstacles importants au changement. Par exemple, malgré les intentions internationales de réduire les subventions publiques aux combustibles fossiles, le soutien des gouvernements à ces derniers a presque doublé en 2022 pour atteindre plus de 1,4 billion USD, car les gouvernements ont introduit des initiatives substantielles pour atténuer les impacts des coûts élevés de l'énergie sur les ménages et les entreprises. (OECD, 2023^[117]). Ces subventions ralentissent l'abandon progressif des combustibles fossiles et l'adoption de technologies alternatives à faible émission de carbone.

Les décideurs politiques en matière de STI peuvent poursuivre les objectifs de transformation par le biais des actions politiques suivantes :

- **coordonner avec d'autres domaines d'action afin de mettre sur un pied d'égalité les technologies et les innovations porteuses de transformation et leur permettre d'être compétitives** : Si l'on prend l'exemple de la décarbonisation, les politiques STI peuvent contribuer à renforcer l'impact de la tarification du carbone en soutenant les innovations qui réduisent le coût des technologies vertes, les rendant ainsi compétitives par rapport aux technologies existantes.²⁸ De cette manière, les politiques STI peuvent se substituer partiellement coûts réduits du carbone, ce qui plaide en faveur de politiques STI encore plus fortes. (OECD, 2023^[3]) (Cervantes et al., 2023^[70]). Un autre exemple de l'importance de la coordination avec les domaines politiques connexes concerne les infrastructures, telles que le stockage de l'énergie, les réseaux intelligents et les stations de recharge pour les véhicules électriques, qui sont essentielles pour les transitions durables. Ces infrastructures relèvent de la responsabilité de plusieurs agences gouvernementales, dont certaines au niveau infranational, ce qui démontre l'importance de la cohérence intergouvernementale dans les efforts de décarbonisation.
- **Promouvoir les normes techniques internationales pour ouvrir de nouveaux marchés et les biais favorisant les technologies déjà établies** : Les normes techniques internationales sont essentielles à la diffusion et à l'interopérabilité des technologies émergentes et à la création de marchés pour les produits et services technologiques. Dans la course au net zéro, par exemple, les normes peuvent compléter efficacement la tarification des émissions et les politiques incitatives pour créer une demande d'innovations à faible teneur en carbone, induire l'abandon progressif des technologies obsolètes et, en fin de compte, favoriser la décarbonisation. La normalisation des

prises pour les voitures électriques entre les véhicules et les stations de recharge en est un exemple. Il est préférable que ces normes soient fixées au niveau international ou résultent tout du moins d'une coordination internationale des normes nationales.

- **Adopter des approches réglementaires souples, neutres sur le plan technologique et centrées sur l'être humain** : Il est de plus en plus reconnu que les approches réglementaires conventionnelles sont mal équipées pour faire face à la complexité, à l'imprévisibilité et à la vitesse de l'innovation ainsi que des transformations systémiques plus larges (OECD, 2021^[118]) (Centre for Regulatory Innovation, 2021^[53]). Des outils et des méthodologies prometteurs apparaissent pour améliorer l'expérimentation, l'implication des publics et l'itération à cet égard, même si leur adoption reste relativement limitée dans la plupart des juridictions et des secteurs. L'adaptation des approches réglementaires actuelles, fondées sur le principe du "*set-and-forget*", à des cadres destinés à "s'adapter et apprendre" aura un impact sur l'ensemble du cycle réglementaire (OECD, 2021^[118]) (OECD, 2021^[119]). Les décideurs politiques et les autorités réglementaires peuvent envisager de développer des processus plus adaptatifs, tournés vers l'avenir et axés sur les résultats, de l'évaluation réglementaire à la mise en œuvre. Ces efforts peuvent s'appuyer sur des approches de gouvernance émergentes, présentées, par exemple, dans *le Cadre de l'OCDE pour une gouvernance anticipative des technologies émergentes* (OECD, 2024^[29]). Cela nécessitera à son tour des efforts pour élargir l'implication du public et des parties prenantes, renforcer la coopération nationale et internationale et exploiter les possibilités offertes par les normes non contraignantes et les espaces protégés pour l'expérimentation.
- **Utiliser les systèmes de DPI pour stimuler l'innovation et favoriser l'adoption à grande échelle de technologies transformatrices** : Les systèmes de DPI devraient encourager l'innovation et soutenir la diffusion des technologies sur une base volontaire et dans des conditions mutuellement convenues afin de contribuer à relever les défis mondiaux tels que le changement climatique et l'accès à des médicaments à des prix abordables. Les systèmes de propriété intellectuelle permettent le partage des technologies par le biais de mécanismes de marché tels que les accords de licence volontaires, les communautés de brevets et les engagements volontaires initiés par les parties prenantes (Cervantes, Copeland and Zarnic, 2018^[120]) (Garden, 2023^[121]). Les décideurs politiques peuvent promouvoir ces mécanismes, ainsi que des approches non fondées sur la propriété intellectuelle, telles que les partenariats scientifiques ouverts (Gold, 2021^[122]) et les technologies *open source*, afin d'améliorer la diffusion des connaissances et des technologies sur une base volontaire et dans des conditions mutuellement convenues.
- **Harmoniser, légitimer et institutionnaliser les approches d'investissement transformatrices** : Alors que les approches orientées vers la finance durable sont de plus en plus populaires, plusieurs défis continuent de saper et d'entraver la mobilisation efficace des capitaux pour soutenir les objectifs environnementaux, sociaux et de gouvernance (ESG), notamment le manque de transparence et de comparabilité des méthodologies et des mesures ESG. La communauté internationale a un rôle à jouer dans la mise en place d'actions collaboratives et accélérées pour remédier au manque de fiabilité, de comparabilité, de cohérence et de transparence des mesures et pour développer des normes de référence internationales. (Boffo and Patalano, 2020^[123]) (OECD, 2022^[124]). Grâce à des approches telles que les "objectifs fondés sur les données scientifiques", (OECD, 2021^[125]) STI peuvent renseigner les meilleures pratiques en matière d'indicateurs ESG et améliorer la qualité et la cohérence des données et des informations stratégiques utilisées.

06

Intelligence stratégique



Comment développer et utiliser le renseignement stratégique pour guider la transformation ?

Le renseignement stratégique fait référence à la recueil de données, de connaissances et de preuves et à leur utilisation dans les processus décisionnels liés à la formulation de politiques et de stratégies STI, à l'allocation de ressources et à la gouvernance des sciences et des technologies. (Robinson, Winickoff and Kreiling, 2023^[62]; Rotolo et al., 2017^[63]). Elle comprend les résultats des recherches commandées par les gouvernements, les avis scientifiques fondés sur les dernières données de recherche disponibles, l'évaluation des politiques et des programmes, le suivi et l'analyse comparative à l'aide de statistiques et d'indicateurs, et l'analyse prospective, y compris la prévision et la modélisation, la prospective stratégique et l'évaluation des technologies. En tant que tel, le renseignement stratégique peut provenir directement de scientifiques ("la science au service de la politique"), d'analystes des systèmes et des politiques STI, ainsi que d'un large éventail de parties prenantes engagées dans des processus politiques délibératifs ou consultatifs.²⁹ Les outils de renseignement stratégique sont souvent utilisés en combinaison d'informations de plusieurs sources dans un système dit de "veille distribuée". Le système est également distribué dans la mesure où d'autres acteurs de la STI peuvent souvent accéder à ces informations et les utiliser dans leurs propres processus décisionnels.

Les politiques STI transformatrices exigent des connaissances et des données probantes pour soutenir la définition des orientations, l'expérimentation et l'apprentissage dans des contextes systémiques, transdisciplinaires, complexes et incertains. Ces exigences peuvent nécessiter l'adaptation considérable ou la mise en place de nouvelles institutions et infrastructures de la connaissance, ainsi que le développement de nouvelles compétences et capacités organisationnelles. De telles évolutions sont susceptibles de transformer la production et l'utilisation du renseignement stratégique elle-même.

Les décideurs politiques en matière de STI peuvent poursuivre les objectifs de transformation par le biais des actions politiques suivantes :

- **Soutenir les sources nouvelles et distribuées de renseignements stratégiques pour relever les défis mondiaux** : Les transformations sont de grande ampleur et se caractérisent par des dynamiques non linéaires dans les systèmes complexes. Les changements dans les propriétés fondamentales d'un système et dans la manière dont il se comporte ont des implications importantes pour l'analyse et l'estimation ou la prévision de ses états futurs. Une simple extrapolation à partir de l'expérience passée ne permet pas de prévoir la manière dont un système peut se comporter après avoir été transformé ou une fois que le processus de changement a commencé. (HM Treasury, 2022^[68]). Pourtant, bon nombre des principes, modèles et outils décisionnels économiques utilisés par les gouvernements sont conçus pour être utilisés dans des contextes de changement "marginal" ou progressif, où les technologies, les marchés et les autres structures économiques sont relativement stables. Des outils différents peuvent être appliqués pour soutenir les changements transformateurs lorsque les objectifs et le contexte de la politique incluent l'innovation généralisée et le changement structurel. Ces outils doivent tenir compte des incertitudes, des opportunités, des connaissances locales et du contexte - ce qui implique nécessairement une implication continue avec un large éventail de parties prenantes, y compris les communautés vulnérables et marginalisées, dans le cadre d'un système d'intelligence distribuée. (EEIST, 2022^[126]).
- **Mettre en place des dispositifs permettant de combiner différentes méthodes de renseignements stratégiques pour l'élaboration des politiques STI** : Un défi spécifique pour

les gouvernements est de donner un sens à la gamme de données disponibles, et en particulier de combiner et de synthétiser les connaissances et les preuves provenant de différentes sources qui ont des formats différents et ont été produites à des fins différentes. Les différentes connaissances ont leurs propres hypothèses, leur propre langage et leurs propres concepts, leurs propres infrastructures et leurs propres communautés professionnelles, ce qui peut constituer un obstacle à l'utilisation de diverses données dans l'élaboration des politiques. Pour aider à résoudre ces problèmes, les pays peuvent développer une infrastructure de renseignement transversale pour les politiques STI (OECD, 2023^[13]) combler les lacunes en matière d'infrastructures adéquates pour permettre le partage des données en sciences sociales (GloPID-R, 2019^[66]); et promouvoir l'harmonisation et la compréhension mutuelle des définitions et des processus utilisés dans la collecte et la gestion des données.

- **Cultiver les compétences et les capacités qui favorisent l'utilisation du renseignement stratégique dans l'élaboration des politiques STI** : De nombreux pays constatent un décalage persistant entre la production de le renseignement stratégique et son intégration dans les décisions politiques (Monteiro and Dal Borgo, 2023^[127]). Bien qu'il s'agisse d'une préoccupation de longue date pour les producteurs du renseignement stratégique,³⁰ les gouvernements manquent souvent de capacité et de ressources pour incorporer les idées issues du renseignement stratégique dans l'élaboration des politiques de STI. Les gouvernements peuvent prendre diverses mesures pour soutenir la traduction de du renseignement en décisions politiques. Ils peuvent par exemple créer des unités dédiées au renseignement stratégique, développer des cours de formation aux outils du renseignement stratégique pour les fonctionnaires et les décideurs politiques, et promouvoir leur implication directe dans des activités génératrices de renseignement stratégique telles que la prospective stratégique et l'évaluation participative des technologies. Il peut également être utile d'intégrer l'expertise scientifique dans l'élaboration des politiques, par exemple par le biais de programmes de bourses pour les scientifiques. Les spécialistes en sciences sociales ont des connaissances utiles, que les gouvernements devraient exploiter, sur la manière dont les pays peuvent entretenir des cultures politiques favorables à l'utilisation de ce type d'activités pour atteindre des objectifs de transformation (Meadowcroft, 2011^[128]).
- **Mettre en œuvre un programme stratégique de "politiques pour les preuves" qui encourage la production et l'utilisation de le renseignement stratégique pour les changements transformateurs**: La base actuelle de connaissances et de preuves qui soutient les décisions publiques, telles que les indicateurs et les statistiques, peut s'adapter plus encore à répondre à la complexité et à l'incertitude inhérentes aux transformation par la STI. Une approche plus stratégique des données et de l'analyse des systèmes STI implique une prise de conscience des incitations et des règles qui rendent les données aptes à servir les besoins stratégiques et opérationnels des politiques. Le programme "Politiques fondées sur des données probantes" promu par l'OCDE suite au *Blue Sky Forum* (OECD, 2018^[129]) vise à inculquer aux décideurs un sentiment de responsabilité partagée à l'égard des données, des statistiques et des éléments probants sur la STI, ainsi qu'une action concertée entre eux pour orienter et soutenir les efforts d'élaboration et d'utilisation de données probantes. Les gouvernements devraient s'efforcer de rassembler les initiatives éparses et d'échanger sur les meilleures pratiques en matière de définition des priorités, de gouvernance, d'affectation des ressources et de gestion efficace des données. Les décideurs en matière de STI devraient reconnaître et exploiter pleinement leur responsabilité dans la production, l'entretien, l'intégrité et l'accessibilité de quantités considérables de données administratives pertinentes pour le suivi des systèmes et des politiques STI.



Comment impliquer la société dans la STI pour favoriser des changements transformateurs ?

L'engagement de la société dans la STI représente un éventail d'activités (communication, consultation et participation) par lesquelles la société civile s'implique dans les activités et les résultats de la STI, ainsi que dans la politique de la STI. L'utilisation quotidienne des résultats scientifiques et de la technologie en est peut-être le moyen le plus connu. Dans le même temps, les mérites et la nécessité d'un engagement public plus actif dans le développement des activités et de la politique STI sont de plus en plus reconnus. En outre, les activités STI ne peuvent à elles seules conduire à des transformations. Des activités et des politiques STI inclusives et centrées sur les personnes seront un élément clé pour atteindre les trois objectifs de transformation. L'engagement du public est la voie la plus rapide et la plus efficace pour répondre aux besoins et aux préoccupations des différents groupes sociaux, y compris les perspectives les moins représentés, ainsi qu'aux impacts socio-économiques plus larges (Paunov and Planes-Satorra, 2023^[130]).

Une large acceptation sociale est nécessaire pour accélérer l'adoption de solutions basées sur la STI et pour faciliter le développement de politiques de transformation légitimes bénéficiant d'un fort soutien public. Reconnaître l'importance de l'autonomie et de l'influence du public dans l'adoption de solutions STI aidera à questionner les cadres technocentriques qui sont souvent implicites dans les programmes politiques de la STI et permettra une prise en compte plus systématique de l'innovation non technologique, telle que l'innovation sociale ou l'innovation issue de la base.

Les décideurs politiques en matière de STI peuvent poursuivre les objectifs de transformation par le biais des actions politiques suivantes :

- **Améliorer les pratiques de communication STI pour cultiver la confiance et la compréhension mutuelles** : Les technologies numériques offrent de nouvelles possibilités d'implication de la société. Elles posent également des défis importants, tels que la prolifération de la désinformation et de la méfiance qui peuvent conduire à la méfiance et à la polarisation du public, et dont la réponse à la pandémie COVID-19 a montré qu'elle avait des effets négatifs sur la sécurité et la résilience des systèmes socio-économiques nationaux. Par conséquent, il est reconnu qu'il est important que les pratiques de communication en matière de STI évoluent afin de maintenir la confiance du public et d'améliorer la capacité des citoyens à comprendre les activités et les résultats de la STI et à y contribuer. Une communication STI transparente, inclusive, éthique, responsable, objective et opportune devrait être reconnue comme une bonne pratique (OECD, 2023^[131]). Il peut également s'avérer nécessaire d'élargir le champ couvert par les codes de conduite scientifiques afin de préserver l'intégrité scientifique, d'inclure les responsabilités en matière de communication publique et de délimiter plus clairement les rôles et les responsabilités des producteurs et des consommateurs (par exemple, les décideurs politiques) d'avis scientifiques.³¹
- **Impliquer des perspectives diverses et inclusives pour développer des solutions plus robustes et plus pertinentes basées sur la science, la technologie et l'innovation** : Les défis sociétaux complexes ont souvent un impact différent sur les communautés en fonction de l'intersection de diverses caractéristiques démographiques (sont davantage capables d'anticiper et d'absorber les changements par la multiplication des menaces systémiques, de relever et de s'adapter.) Des efforts supplémentaires, tels que l'investissement dans la culture scientifique et/ou la connectivité numérique, sont importants pour lutter contre l'exclusion de certains groupes

démographiques. Les données empiriques indiquent également que l'accès aux connaissances de ces groupes nécessite souvent des approches non traditionnelles pour atténuer ou, au minimum, tenir compte des facteurs qui contribuent à la sous-représentation (par exemple, le manque de volonté ou de désir de participer). À cet égard, les spécialistes des sciences sociales et comportementales devraient participer à la création d'espaces de dialogue sûrs, inclusifs et ouverts.

- **Intégrer et renforcer la participation du public aux activités et à l'élaboration des politiques en matière de STI** : Faciliter l'intégration proactive et systématique des points de vue du public dans les activités STI et les processus d'élaboration des politiques nécessitera des changements institutionnels (par exemple, l'évaluation des politiques et de la recherche), des processus innovants et des ressources suffisantes. (Bauer, Bogner and Fuchs, 2021^[132]). L'allocation de fonds aux activités d'engagement sociétal est souvent en contradiction avec les cadres incitatifs universitaires et les tendances à l'austérité dans les dépenses publiques (EEA, 2019^[133]). S'il est vrai qu'un financement accru de l'engagement sociétal serait bénéfique, les décideurs et les chercheurs en matière de STI peuvent également chercher à tirer parti des capacités et des ressources qui peuvent déjà exister au sein des systèmes STI et au-delà. Par exemple, les spécialistes des sciences sociales et du comportement, ainsi que les professionnels de la communication, peuvent apporter de substantielles connaissances tacites à ces efforts.³² Le soutien des élus et des décideurs de haut niveau est également un facteur important pour la mise en place de processus participatifs réussis (enquête du CSTP).
- **Promouvoir et renforcer les activités STI menées par les citoyens grâce à l'expérimentation et au partage des connaissances** : Outre l'intégration de l'utilisation et de l'évolution de mécanismes tels que la science citoyenne, la recherche transdisciplinaire et la gouvernance technologique participative, les décideurs politiques et les chercheurs devraient renforcer les activités menées par les citoyens à partir de la base. L'implication des citoyens dès le début des projets scientifiques peut renforcer l'harmonisation des méthodes de recherche et des attentes sur les besoins de la société et contribuer à recadrer les questions posées (Sauer mann et al., 2020^[134]). Le fait de s'appuyer sur le discours public peut également aider les décideurs politiques à accélérer la diffusion équitable et l'abandon progressif de l'innovation et de la technologie. Le partage international des connaissances et les communautés de pratique seront essentiels pour démontrer l'impact de l'innovation sociale et de l'engagement sociétal et pour accélérer l'apprentissage collectif.



Comment approfondir la coopération STI entre les acteurs du système d'innovation en vue d'une transformation ?

La coopération en matière de STI confirme la nécessité de travailler de manière systématique et intersectorielle pour atteindre les objectifs de transformation. La coopération implique un ensemble d'acteurs du système d'innovation, y compris des entreprises de différentes tailles, des acteurs de la recherche publique, le gouvernement et la société civile, qui coordonnent leurs efforts pour mobiliser des ressources, renforcer les capacités, partager l'information et formuler et mettre en œuvre des politiques soutenant le développement de la STI. Les formes de coopération les plus courantes sont les partenariats public-privé, les collaborations entre les universités et l'industrie, les accords de transfert de technologies et de connaissances, la collaboration entre le gouvernement et les universités, les consortiums de recherche, la collaboration interdisciplinaire, les plates-formes multipartites, les pôles d'innovation et les écosystèmes, entre autres.

Les gouvernements ont une longue tradition de promotion des relations dans les systèmes STI. Par exemple, ils déploient déjà un ensemble de politiques de financement, de réglementation, de services d'information et d'accords de gouvernance spécifiques pour stimuler et approfondir les relations inter et transdisciplinaires et entre l'industrie et l'université. Les mesures politiques ont également soutenu divers acteurs intermédiaires pour travailler en tant qu'intermédiaires entre deux ou plusieurs parties dans le processus d'innovation (Mignon and Kanda, 2018^[135]; de Silva et al., 2023^[75]). La promotion d'une coopération en matière de STI qui fait le lien entre les priorités de la recherche, de l'économie et de la société sera essentielle pour relever les défis sociétaux. La politique STI peut soutenir la coopération en encourageant de nouveaux acteurs à s'engager dans des réseaux de collaboration, en élargissant la portée des collaborations et en remettant en question les réseaux établis qui entravent la transformation (Grillitsch et al., 2019^[136]). Par exemple, la participation de divers acteurs de l'industrie, des instituts de recherche et de la société civile à des initiatives de cocréation a été essentielle pour apporter des réponses urgentes à la pandémie de COVID-19 (Kreiling and Paunov, 2021^[137]).

Les décideurs politiques en matière de STI peuvent poursuivre les objectifs de transformation par le biais des actions politiques suivantes :

- **Construire des écosystèmes d'innovation et des chaînes de valeur qui soutiennent la transformation** : L'émergence de nouvelles chaînes de valeur et d'écosystèmes d'innovation réunissant des acteurs intersectoriels aux compétences complémentaires peut être un moteur de transformation (Pigford, Hickey and Klerkx, 2018^[138]). Toutefois, les nouvelles chaînes de valeur peuvent souffrir de difficultés systémiques, notamment d'un manque de financement pour la démonstration et de cadres réglementaires ambigus (OECD, 2019^[139]; Winickoff et al., 2021^[95]) (Philp and Winickoff, 2019^[140]). Ces obstacles peuvent empêcher une action collective public-privé et entraver la mise à jour par le marché des solutions émergentes. Les politiques peuvent créer les conditions-cadres permettant de surmonter ces obstacles, par exemple en favorisant le soutien public aux essais et aux démonstrations (être davantage capables d'investir dans de nouvelles infrastructures d'essai), en utilisant des bacs à sable réglementaires et en soutenant les marchés publics axés sur l'innovation. (de Silva et al., 2023^[75]) (OECD, 2023^[61]).
- **Développer des approches de gouvernance flexibles pour les collaborations visant la transformation** : Les partenariats sociaux intersectoriels (Les partenariats sociaux intersectoriels (à but lucratif, à but non lucratif, entreprise sociale, gouvernement/public) sont de plus en plus utilisés pour relever les défis sociétaux.. (Ordonez-Ponce, Clarke and Colbert, 2021^[141]). Ils offrent

la possibilité de développer des modèles d'entreprises collaboratives durables, généralement définis au niveau organisationnel, jusqu'au niveau des partenariats, et visent à intégrer des stratégies de création de valeur économique, écologique et sociale. Toutefois, les efforts visant à promouvoir de tels modèles peuvent être sapés par le manque d'accès au financement et aux politiques d'accès aux données (Winickoff et al., 2021^[95]). La politique STI peut par exemple absorber davantage ces changements induits par l'accès aux données, notamment en encourageant l'utilisation de procédures d'accès normalisées. (Bustamante et al., 2023^[142]; OECD, 2023^[143]). Les partenariats Open Science, par exemple, peuvent promouvoir le libre accès du public aux publications, aux données et aux matériaux (Gold, 2021^[122]). Le financement mixte peut également être utilisé pour développer des valeurs et aligner les incitations pour tous les partenaires (Garden, 2023^[121]).

- **Promouvoir les plateformes de collaboration pour soutenir l'innovation en vue des changements transformateurs:** De nouvelles dispositions institutionnelles, telles que les plateformes de collaboration, apparaissent pour coordonner un ensemble diversifié d'acteurs des secteurs public et privé. Les plateformes collaboratives impliquent une architecture technologique qui permet à leurs membres d'innover rapidement, mais aussi de collaborer avec de nombreux acteurs externes qui peuvent utiliser la plateforme pour leurs propres innovations (Winickoff et al., 2021^[95]). Par exemple, les plateformes collaboratives peuvent soutenir la mise en œuvre de politiques d'innovation axées sur les missions en favorisant l'alignement et la convergence des différents acteurs. En outre, elles peuvent jouer un rôle d'intermédiaire, par exemple en agissant comme une voix impartiale pour les nouveaux réseaux d'acteurs afin de promouvoir la transformation, ou en facilitant les activités d'expérimentation afin de modifier les règles et réglementations existantes (Kanda et al., 2020^[144]). Les plateformes de collaboration peuvent également exploiter le potentiel de la numérisation pour rassembler les acteurs afin de s'attaquer aux objectifs de transformation. La numérisation peut favoriser la convergence et l'inclusion dans les nouvelles collaborations en facilitant le partage et la gestion des données, en ouvrant et en diversifiant les écosystèmes d'innovation, et en réduisant les coûts et les barrières géographiques (OECD, 2020^[102]).
- **Bousculer les hiérarchies de connaissances établies qui empêchent l'adoption d'idées provenant de diverses disciplines :** Les collaborations impliquant des parties prenantes de plusieurs disciplines scientifiques peuvent générer des preuves scientifiques plus complètes et des solutions basées sur les STI pour relever les défis mondiaux. (OECD, 2023^[84]). Toutefois, les activités transdisciplinaires rendent les processus scientifiques encore plus complexes, en raison de l'organisation disciplinaire traditionnelle du monde universitaire et des infrastructures associées, ainsi que de la participation d'acteurs non universitaires (OECD, 2020^[105]). Elles nécessitent également un bouleversement des hiérarchies de connaissances établies qui empêchent l'adoption d'idées provenant de sources diverses, telles que les sciences sociales et humaines. La politique STI peut favoriser l'émergence de consortiums entre des disciplines ou des secteurs qui ne travaillent pas régulièrement ensemble afin de faciliter le partage des connaissances (et des infrastructures) (ITIF, 2022^[145]). Elle peut également fournir des ressources dédiées et durables pour la recherche transdisciplinaire et les activités de science ouverte (OECD, 2020^[105]). La politique STI peut également inciter les universités à s'engager dans la cocréation pour atteindre les objectifs de transformation. Par exemple, les gouvernements peuvent utiliser des mécanismes de financement institutionnels basés sur les performances pour lier les contributions des universités aux objectifs nationaux, régionaux et/ou locaux de transition vers la durabilité (de Silva et al., 2023^[75]).



Comment promouvoir la cohérence intergouvernementale pour coordonner les transformations induites par la STI ?

Les transformations à l'échelle du système se déploient par le biais de processus interdépendants et appellent des interventions coordonnées entre les domaines politiques (c'est-à-dire les domaines politiques STI, sectoriels et horizontaux), et entre les multiples niveaux de gouvernement (par exemple, local, régional, national et international). Les transformations qui favorisent la durabilité, l'inclusion et la résilience ne peuvent pas être réalisées ou même, dans de nombreux cas, être principalement anticipées par les politiques STI, bien qu'elles soient certainement essentielles. Les transformations qui favorisent la durabilité, l'inclusivité et la résilience ne peuvent pas être menées à bien, ni même, bien souvent, ne seraient-ce qu'impulsées par les seules politiques STI, même si ces dernières sont essentielles. Par exemple, les politiques ciblées (soient davantage les subventions, la réglementation, les marchés publics, etc.) dans des domaines couvrant l'énergie, les transports, l'industrie lourde et l'agriculture sont censées faire une grande partie du gros du travail de décarbonisation. Les efforts visant à coordonner ces interventions avec l'abandon progressif des technologies peuvent également produire des synergies supplémentaires. De même, les interventions horizontales, telles que les politiques de l'éducation, du travail et de la fiscalité, sont essentielles pour offrir des alternatives ou des compensations aux parties prenantes touchées par l'abandon progressif, ainsi que pour remédier à l'inégalité structurelle. Ces politiques bénéficient souvent d'une coordination verticale afin d'aligner les efforts déployés par les différents acteurs et agences gouvernementales à différents niveaux territoriaux.

L'ampleur des investissements nécessaires pour faciliter les transformations nécessitera l'adhésion de l'ensemble des pouvoirs publics pour co-investir dans des portefeuilles d'activités cohérents et les cogérer. Les gouvernements peuvent agir collectivement pour expérimenter différentes solutions et voies de transformation et pour prendre des décisions stratégiques concernant celles qui devraient être mises à l'échelle. Cet effort doit être adapté aux caractéristiques du gouvernement (par exemple, la structure, les opérations, la législation, le système politique, etc.) qui sont spécifiques à chaque pays, ainsi qu'à la nature de la transformation visée. Ces considérations influent sur le type d'instruments politiques à déployer et sur le réseau d'acteurs à impliquer.

Les décideurs politiques en matière de STI peuvent poursuivre les objectifs de transformation par le biais des actions politiques suivantes :

- Coordonner et aligner activement les priorités et les interventions au sein du gouvernement** : La fragmentation des structures de l'État, souvent divisées entre des agences gouvernementales aux mandats parfois ambigus et des ministères sectoriels aux intérêts et priorités différents, peut entraver la capacité des gouvernements à mettre en œuvre les types de priorités et d'interventions transversales requises par les objectifs de transformation. Les gouvernements peuvent déployer une série de mesures de coordination intergouvernementale pour atténuer la fragmentation et mieux orchestrer leurs interventions, notamment des visions, des feuilles de route et des missions nationales communes, une programmation conjointe entre les agences de financement de la recherche et de l'innovation et une supervision stratégique par des comités interministériels de haut niveau. Certains pays ont également mis en œuvre des changements structurels et organisationnels, par exemple en fusionnant des organismes de financement ou des ministères de la STI qui couvrent différentes parties de la chaîne de l'innovation (Halme et al., 2019^[146]). D'autres pays expérimentent de nouvelles approches, telles que des combinaisons

complémentaires d'interventions axées sur l'offre et la demande,³³ ainsi que des politiques d'innovation axées sur les missions (OECD, 2023^[147]).

- **Promouvoir la cohérence des actions politiques entre les différents niveaux de gouvernement** : Les politiques STI sont conçues et mises en œuvre à plusieurs niveaux de gouvernement, avec des traditions, des dépendances et des interprétations différentes, ainsi que des degrés d'autonomie variables (Magro, Navarro and Zabala-Iturriagagoitia, 2014^[148]). Cela pose des problèmes de coordination verticale, en particulier dans les pays dotés de systèmes fédéraux, où les politiques peuvent devoir être orchestrées entre plusieurs niveaux de gouvernement et, selon le pays et le domaine politique, les acteurs infranationaux peuvent être les principaux décideurs (Peters, 2018^[149]).³⁴ Une série d'outils peuvent être utilisés pour promouvoir la coordination verticale afin de soutenir le changement transformateur, par exemple, l'utilisation d'accords de cofinancement pour promouvoir un investissement public efficace entre les différents niveaux de gouvernement (OECD, 2014^[150]). La cartographie du dosage des politiques et des responsabilités des parties prenantes aux différents niveaux de gouvernance peut également renforcer la cohérence des efforts politiques en matière de STI (EEA, 2019^[133]).
- **Harmoniser les infrastructures et les procédures gouvernementales pour améliorer le partage des connaissances et la coopération** : Les organismes gouvernementaux sont souvent limités par leurs propres règles, procédures et infrastructures internes spécifiques (soient) davantage capables d'anticiper et d'absorber les changements par des plateformes de stockage et de partage de données, etc.) qui sont mal alignées lors de la poursuite d'actions conjointes. Les gouvernements peuvent promouvoir le partage de données et d'informations afin d'identifier les questions réglementaires et opérationnelles transversales et d'assurer la cohérence entre les approches. (OECD, 2021^[118]). Les responsables politiques peuvent également veiller à ce que les campagnes en faveur d'un gouvernement ouvert soient fondées sur une approche pangouvernementale, ce qui contribuera à améliorer les interconnexions et l'interopérabilité entre les domaines politiques et les organes gouvernementaux, ainsi qu'à instaurer une culture systémique de la donnée (OECD, 2019^[151]).
- **Rationaliser les dispositifs de gouvernance complexes** : Les dispositifs de gouvernance complexes peuvent entraîner des coûts de transaction, une dilution des priorités, un manque de leadership et une responsabilité floue. Les nouveaux dispositifs de gouvernance nécessitent une cartographie claire des interdépendances afin de comprendre quels types de canaux de coopération et d'actions conjointes seraient utiles pour relever des défis spécifiques. Cela nécessite une approche nuancée et stratégique de la coordination, qui exigera également de nouvelles compétences, capacités organisationnelles et incitations dans les administrations pour promouvoir et soutenir la coordination entre les gouvernements ou à l'échelle de l'ensemble de l'administration. Les gouvernements peuvent également ancrer la coordination intergouvernementale dans des cadres stratégiques nationaux en alignant un ensemble cohérent d'interventions politiques et réglementaires sur les grandes priorités nationales (OECD, 2023^[152]).

10

Coordination internationale en matière de STI



Comment tirer parti de la coordination internationale en matière de STI pour soutenir la transformation dans l'intérêt public ?

La découverte scientifique et l'innovation technologique se produisent dans un écosystème mondial interconnecté qui s'appuie sur des connaissances, des talents, des ressources et des infrastructures collectives. Les chercheurs universitaires coopèrent et échangent régulièrement par-delà les frontières pour faire avancer des intérêts scientifiques communs. Les défis sociétaux, tels que le changement climatique, la sécurité alimentaire et les questions de santé mondiale, sont de plus en plus ciblés par la coopération internationale en matière de STI, qui peut accélérer la compréhension et l'innovation, favoriser les économies d'échelle, renforcer les incitations à l'investissement et promouvoir des conditions de concurrence équitables. Le partage d'expériences entre les pays et les industries peut réduire les risques individuels, débloquer des synergies et des gains d'efficacité, et accélérer les progrès, par exemple, vers des solutions viables à faible teneur en carbone dans le cadre de transitions durables.

Toutefois, les contextes nationaux différents et les intérêts divergents font souvent échouer les tentatives d'action collective au niveau mondial. La plupart des fonds publics de R&D étant alloués à l'intérieur des frontières nationales, l'alignement international entre les stratégies et les programmes nationaux est notoirement difficile à réaliser. Les intérêts nationaux, tels que la croissance intérieure, peuvent entrer en conflit avec les priorités transnationales, telles que la protection des ressources communes mondiales. En outre, les tensions géopolitiques croissantes et la convergence des programmes économiques et sécuritaires pourraient réduire les possibilités d'échanges transfrontaliers de connaissances et de transferts de technologies. (OECD, 2023^[103]). En réponse, des accords de collaboration spécifiques, tels que les clubs climatiques internationaux, ont vu le jour pour résoudre les problèmes de comportement opportuniste grâce à des mécanismes qui exigent la réciprocité (Nordhaus, 2015^[153]) (OECD, IEA, 2023^[154]). Les pays s'orientent également vers de nouvelles approches de collaboration et un partage plus sélectif des connaissances, notamment en ce qui concerne les domaines de la STI ayant des incidences sur la sécurité nationale.³⁵ Cela pourrait favoriser l'engagement d'États ayant des valeurs et des intérêts politiques similaires et décourager le partage avec d'autres.

L'inclusion des pays à revenu faible et intermédiaire (PRFI) dans les initiatives et les prises de décision multilatérales est un élément de justice important. Bon nombre des pays qui sont aujourd'hui les plus vulnérables aux conséquences du changement climatique sont ceux qui ont le moins contribué à la situation actuelle et, pour respecter les engagements internationaux, ils auront besoin d'un soutien pour suivre d'autres voies de développement, moins intensives en carbone (Chandy, 2023^[155]). Les réseaux scientifiques internationaux existants et les connexions mondiales par le biais du commerce et de l'aide publique au développement (APD) offrent des possibilités d'accélérer les changements transformateurs et le transfert volontaire de solutions et de savoir-faire fondés sur les STI vers les pays en développement à des conditions convenues d'un commun accord. Toutefois, il a également été reconnu que de nouvelles approches sont nécessaires pour assurer la représentation équitable des PRFI dans le développement des activités scientifiques internationales. (ICRI, 2021^[156]). En outre, il est également utile de prendre en compte et d'ajuster les héritages historiques et autres tensions qui peuvent susciter la crainte ou la méfiance que les données et les connaissances soient mal utilisées ou exploitées sans que les contributeurs des PRFI ne soient dûment reconnus. (GloPID-R, 2019^[86]).

Les décideurs politiques en matière de STI peuvent poursuivre les objectifs de transformation par le biais des actions politiques suivantes :

- **Aligner les priorités nationales porteuses de changements transformateurs en matière de STI et coordonner le financement des activités de recherche et d'innovation pour relever les défis mondiaux** : Le partage d'informations entre pays, une plus grande harmonisation des priorités de recherche et des appels de fonds conjoints entre les agences de financement nationales, les fondations privées et d'autres acteurs peuvent aider à atteindre les objectifs de transformation d'une manière plus cohérente et globale. Ces mesures peuvent contribuer à réduire les doubles emplois, à renforcer les synergies et la résilience, et à maximiser l'impact des financements et des avancées scientifiques. À cet égard, les conventions et les objectifs internationaux inclusifs³⁶ peuvent contribuer à garantir des engagements ambitieux, à déstabiliser le statu quo (Kanger, Sovacool and Noorköiv, 2020^[110]) et aligner les efforts spécifiques au contexte pour relever les défis mondiaux (Meadowcroft et al., 2021^[32]). Les engagements de financement à long terme fourniront également aux chercheurs et aux institutions la sécurité financière nécessaire pour s'engager dans des collaborations internationales significatives et ayant un impact.
- **Renforcer la science ouverte et le partage des connaissances afin d'améliorer la résilience mondiale et d'intensifier les efforts pour relever les défis collectifs** : Idéalement et conformément aux programmes mondiaux de science ouverte, le partage des connaissances à l'échelle mondiale devrait viser à rendre les résultats de la STI aussi librement accessibles que possible, tout en tenant compte des intérêts privés, publics et communautaires légitimes, en mettant fortement l'accent sur la représentation et l'accès équitables. (OECD, 2021^[157]).³⁷ Malgré des progrès notables dans certains domaines, plusieurs défis persistent, tels que les problèmes posés par les modèles économiques de l'édition et les cadres d'évaluation et d'incitation qui ne valorisent pas de manière appropriée les efforts visant à rendre les données et les logiciels trouvables, accessibles, interopérables et réutilisables (Wilkinson et al., 2016^[158]). Diverses actions politiques peuvent être justifiées pour améliorer l'ouverture des différents résultats scientifiques dans différentes disciplines, tout en garantissant la protection des intérêts privés, publics et communautaires, y compris la sécurité nationale, les DPI, la vie privée et les données personnelles.³⁸ Par exemple, un examen des mécanismes, des cadres juridiques et des compétences peut être utile pour améliorer le partage ou la mise en commun des informations et des données sur une base volontaire et dans des conditions mutuellement convenues (OECD, 2015^[159]).
- **Sauvegarder l'intégrité de la recherche et la sécurité du système mondial de recherche** : La sauvegarde de la sécurité nationale et économique et la protection de la liberté de recherche suscitent de plus en plus d'inquiétudes. De nombreux gouvernements ont élaboré des modules de formation, des lignes directrices et des listes de contrôle pour sensibiliser la communauté universitaire à la sécurité et à l'intégrité de la recherche et lui fournir des conseils à ce sujet, souvent accompagnés de politiques et de mesures visant à atténuer ces risques.³⁹ Celles-ci doivent être proportionnées et fondées sur une identification et une évaluation solides des risques, car chaque établissement ou projet de recherche n'est pas confronté au même niveau ou au même type de risque (OECD, 2022^[28]).
- **Renforcer les partenariats multilatéraux inclusifs pour répondre efficacement et équitablement aux défis mondiaux** : Les efforts visant à renforcer les capacités des pays en développement à s'engager en tant que partenaires égaux dans la collaboration et la prise de décision au niveau mondial sont de plus en plus importants. Les efforts de renforcement des capacités devraient s'aligner sur les besoins de transformation et les capacités de recherche des pays bénéficiaires, et cibler le développement des infrastructures et des plateformes collaboratives nécessaires (COVID CIRCLE, 2021^[160]) (OECD, 2022^[161]). Plus généralement, les pays présentant des contextes et des défis similaires ont tout à gagner de l'intégration des ressources et des activités autour de priorités communes (OECD, 2023^[162]). Jusqu'à présent, il a été difficile de parvenir à un accord entre des organismes de financement ayant des priorités et des

ressources différentes (OECD, 2023^[143]). Des mécanismes de financement hybrides pourraient être utilisés pour combiner le financement et le soutien en nature d'une diversité d'acteurs. Il sera également important que la communauté mondiale soutienne les collaborations multilatérales et de club en matière de STI qui incluent ou sont dirigées par des représentants du Sud.

- **Favoriser les conditions du marché international qui améliorent la compétitivité et l'accès équitable aux solutions émergentes basées sur la STI** : La législation, les cadres réglementaires, les normes et les règles non contraignantes influencent le fonctionnement des marchés nationaux et des systèmes STI, par exemple pour anticiper les flux de biens, d'idées, de personnes et de capitaux, et peuvent accélérer le déploiement d'innovations transformatrices au-delà des frontières. Toutefois, l'utilisation efficace de ces outils peut être entravée par des problèmes de coordination entre les différents niveaux de gouvernance (infranational, national et supranational), entre les domaines politiques nationaux et avec l'industrie. En outre, ces outils sont souvent déployés par des acteurs qui n'ont pas de mandat conventionnel en matière de STI et de politique de STI.⁴⁰ Les centres de gouvernement peuvent jouer un rôle d'intermédiaire en facilitant la collaboration entre les responsables des politiques STI, les domaines politiques sectoriels (par exemple, la réglementation) et les domaines politiques horizontaux (par exemple, le commerce et l'investissement).⁴¹ Ces mêmes acteurs disposeront alors d'informations précieuses pour alimenter les efforts de coopération ou de diplomatie internationale.

4 Autres conseils et prochaines étapes

Le programme porteur de transformations fournit des orientations de haut niveau pour aider les décideurs politiques et les autres parties prenantes concernées à formuler et à mettre en œuvre des réformes visant à accélérer et à intensifier les changements positifs.

Le programme porteur de transformations couvre de manière exhaustive la façon dont les activités et les politiques de STI peuvent accélérer les transformations économiques et sociétales face aux défis mondiaux croissants. Il met en évidence de multiples points d'entrée et une série de messages clés que les lecteurs peuvent appliquer en fonction de leurs rôles et responsabilités dans les systèmes de STI et de politique de STI. Il est indispensable pour les décideurs à haut niveau de prendre en compte les conséquences et les interdépendances des trois objectifs de transformation, ainsi que ce qu'elles pourraient représenter pour les futurs mandats STI. De leur côté, les décideurs impliqués dans la conception et la mise en œuvre des programmes peuvent trouver des informations concrètes dans les domaines spécifiques de la STI, tels que les relations internationales en matière de STI ou les compétences et les capacités. Le programme porteur de transformations peut également être pertinent pour d'autres parties prenantes, notamment les décideurs politiques dans d'autres domaines politiques et les parties prenantes actives dans les systèmes STI, telles que les chercheurs en sciences naturelles et sciences sociales, les organismes de recherche publics et l'industrie, ainsi que les entrepreneurs, les organisations de la société civile et les citoyens.

La mise en pratique des réformes exigera des décideurs politiques qu'ils les transposent dans des domaines de politique STI et des contextes sectoriels spécifiques, généralement (mais pas uniquement) au niveau national. À cet égard, l'un des principaux résultats du projet Politique scientifique et technologique 2025 de l'OCDE est la publication d'orientations concrètes qui vise à aider les décideurs à réévaluer et, le cas échéant, à réformer leurs politiques STI afin de mieux contribuer à la durabilité, à l'inclusion, à la résilience et à la sécurité. En conséquence, Ces sections du Programme porteur de transformations seront complétées par deux formes supplémentaires d'orientations :

- **Des orientations politiques modulaires** qui examinent les actions clés proposées, les voies de mise en œuvre potentielles et les défis posés par le statu quo pour les dix domaines d'action STI du programme porteur de transformations.
- **Des "boîtes à outils" pour les défis politiques clés** qui fournissent des outils interactifs en ligne, étape par étape, permettant aux utilisateurs de traduire des défis politiques spécifiques en matière de STI en actions réalisables et spécifiques au contexte.

Orientations politiques modulaires

Des orientations modulaires, fournies par le biais d'une combinaison de publications et de contenus numériques interactifs, présenteront les considérations clés, les défis et les moteurs du changement dans chacun des dix **domaines d'action**. Les orientations fourniront aux décideurs politiques et aux autres

parties prenantes les informations de base nécessaires pour les aider à utiliser les boîtes à outils politiques afin d'élaborer des actions ciblées et spécifiques au contexte. Chaque module utilisera une analyse des lacunes pour décortiquer les **actions politiques clés** décrites dans le programme porteur de transformations. L'analyse oppose le "statu quo" général pour chaque domaine politique à la vision idéale requise pour soutenir les objectifs de transformation. Les facteurs clés (endogènes et exogènes) susceptibles d'influencer le système STI sont également pris en compte.

Les utilisateurs prévus de l'orientation modulaire sont ceux qui ont une responsabilité ou un intérêt direct dans des domaines politiques spécifiques. Il peut s'agir, entre autres, de décideurs politiques, d'universitaires et d'organismes publics de recherche, d'associations industrielles et d'organisations non gouvernementales.

Boîtes à outils pour les principaux défis politiques

Les "boîtes à outils" politiques sont destinées à servir de ressource fonctionnelle pour les décideurs politiques et les autres parties prenantes afin d'examiner les principaux défis identifiés dans chacun des dix domaines politiques STI et les actions potentielles qui pourraient être entreprises pour y répondre. Les boîtes à outils guideront les utilisateurs à travers une séquence d'étapes pour les aider à **réfléchir de manière systématique et itérative à un problème ciblé et à une vision future souhaitable correspondante ; à la situation actuelle et aux défis et conditions favorables connexes ; à des séquences d'actions potentielles ; et à la manière dont les progrès pourraient être mesurés et suivis**. Ces ressources seront mises à disposition par le biais d'un document de références en ligne permettant aux utilisateurs de travailler avec des éléments interactifs, tels que des scénarii pré-remplis et des données en direct provenant des plateformes STIP Compass et STI Scoreboard.

Les boîtes à outils seront conçues pour être utilisées par des experts en la matière, tels que des fonctionnaires de niveau intermédiaire ou inférieur, qui sont responsables de la conception, de la planification et de la mise en œuvre des politiques dans des domaines spécifiques de la STI. Les boîtes à outils sont destinées à compléter plutôt qu'à remplacer les processus existants des fonctionnaires pour formuler des portefeuilles de politiques. Par exemple, les scénarii structurés peuvent être utiles pour cartographier et discuter d'éléments de systèmes plus larges, qui pourraient ne pas être pris en compte autrement, grâce à l'engagement de parties prenantes qui ne sont pas traditionnellement incluses dans les processus d'élaboration des politiques. À cet égard, les boîtes à outils peuvent constituer une ressource utile pour impliquer un éventail de contributeurs, des décideurs politiques de haut niveau aux citoyens, dans le cadre d'un atelier. Les boîtes à outils peuvent également être utilisées par des individus ou de petites équipes pour organiser leur réflexion sur des défis politiques spécifiques.

Activités futures du CSTP

Le CPST suivra l'évolution du Programme porteur de transformations dans cadre de ses futurs travaux. Des projets connexes s'appuieront sur des méthodes d'apprentissage mutuel pour tester les formulations, les conceptions et les mises en œuvre possibles des politiques STI porteuses de transformations. L'engagement aux côtés des pays partenaires sera centré sur les processus de cocréation et de savoir-faire, et l'on cherchera à structurer les informations obtenues pour améliorer les orientations pratiques.⁴² Enfin, une nouvelle série d'examen par pays consacrés aux politiques STI porteuses de transformations sera lancée.

Le Graphique 4.1 résume les prochaines étapes de l'aide apportée aux pays pour qu'ils mettent en œuvre le programme porteur de transformations dans la pratique des politiques de STI.

Figure 4.1. Prochaines étapes du soutien aux efforts déployés par les pays pour mettre en œuvre le programme porteur de transformations



Références

- Allen, C. and S. Malekpour (2023), "Unlocking and accelerating transformations to the SDGs: a review of existing knowledge", *Sustainability Science*, Vol. 18/4, pp. 1939-1960, <https://doi.org/10.1007/s11625-023-01342-z>. [67]
- Altenburg, T. and C. Assmann (2017), *Green industrial policy: Concept, policies, country experiences*, UN Environment, Geneva, Bonn, https://archive.un-page.org/files/public/green_industrial_policy_book_aw_web.pdf (accessed on 14 September 2023). [8]
- Amanatidou, E. et al. (2014), "Using Evaluation Research as a Means for Policy Analysis in a 'New' Mission-Oriented Policy Context", *Minerva*, Vol. 52/4, pp. 419-438, <https://doi.org/10.1007/s11024-014-9258-x>. [195]
- Amoroso, S. et al. (2021), *World Corporate Top R&D investors: Paving the way for climate neutrality*, <https://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/handle/JRC126788> (accessed on 22 March 2024). [89]
- Arnold, E. et al. (2023), "Navigating green and digital transitions: Five imperatives for effective STI policy", *OECD Science, Technology and Industry Policy Papers*, No. 162, OECD Publishing, Paris, <https://doi.org/10.1787/dffb0747-en>. [60]
- Attrey, A., M. Leshner and C. Lomax (2020), *The role of sandboxes in promoting flexibility and innovation in the digital age*, https://www.oecd-ilibrary.org/science-and-technology/the-role-of-sandboxes-in-promoting-flexibility-and-innovation-in-the-digital-age_cdf5ed45-en (accessed on 27 September 2023). [59]
- Bauer, A., A. Bogner and D. Fuchs (2021), "Rethinking societal engagement under the heading of Responsible Research and Innovation: (novel) requirements and challenges", *Journal of Responsible Innovation*, Vol. 8/3, pp. 342-363, <https://doi.org/10.1080/23299460.2021.1909812>. [132]
- Beck, L. (2020), *The US Section 45Q Tax Credit for Carbon Oxide Sequestration*, https://www.globalccsinstitute.com/wp-content/uploads/2020/04/45Q_Brief_in_template_LL.B.pdf (accessed on 25 March 2024). [194]
- Benner, M., G. Marklund and S. Serger (eds.) (2022), *A smart green direction for innovation: The answer to unemployment and inequality?*, Edward Elgar Publishing Ltd., <https://doi.org/10.4337/9781788970815>. [23]

- Bleady, A., A. Ali and S. Ibrahim (2018), "Dynamic capabilities theory: Pinning down a shifting concept", *Academy of Accounting and Financial Studies Journal*, Vol. 22/2. [183]
- Blind, K. (2023), *Maximizing the impact of standards and regulation to drive transformative innovation: a*, Report produced on behalf of Our 2050 World (commissioned by BSI), https://our2050.world/wp-content/uploads/2023/07/Maximizing-the-impact-of-standards-and-regulation-to-drive-transformative-innovation_Final-Version_V1_0.pdf. [167]
- Boffo, R. and R. Patalano (2020), *ESG Investing: Practices, progress and challenges*, OECD Publishing, <https://www.oecd.org/finance/ESG-Investing-Practices-Progress-Challenges.pdf> (accessed on 23 November 2023). [123]
- Borrás, S. et al. (2023), *The transformative capacity of public sector organisations in sustainability transitions: A conceptualisation*, http://wp.circle.lu.se/upload/CIRCLE/workingpapers/202302_borras.pdf (accessed on 18 February 2024). [115]
- Boswell, C. and K. Smith (2017), "Rethinking policy 'impact': four models of research-policy relations", *Palgrave Communications*, Vol. 3/1, p. 44, <https://doi.org/10.1057/s41599-017-0042-z>. [192]
- Brown, N., P. Knee and K. Blind (2022), *The role of standardisation in support of emerging technologies in the UK*. [88]
- Bustamante, J. et al. (2023), "Resolving the patents paradox in the era of COVID-19 and climate change: Towards a patents taxonomy", *Research Policy*, Vol. 52/9, p. 104850, <https://doi.org/10.1016/j.respol.2023.104850>. [142]
- Castro-Lopez, A., V. Iglesias and M. Santos-Vijande (2023), "Organizational capabilities and institutional pressures in the adoption of circular economy", *Journal of Business Research*, Vol. 161, p. 113823, <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2023.113823>. [116]
- Centre for Regulatory Innovation (2021), *Regulators' Experimentation Toolkit*, https://wiki.gccollab.ca/images/6/6b/CRI_Regulators%27_Experimentation_Toolkit.pdf. [53]
- Cervantes, M., H. Copeland and Z. Zarnic (2018), *Accelerating the development and diffusion of low-emissions innovations*, OECD, <https://www.oecd.org/sd-roundtable/papersandpublications/Accelerating%20the%20development%20and%20diffusion%20of%20low-emissions%20innovations.pdf>. [120]
- Cervantes, M. et al. (2023), "Driving low-carbon innovations for climate neutrality", *OECD Science, Technology and Industry Policy Papers*, No. 143, OECD Publishing, Paris, <https://doi.org/10.1787/8e6ae16b-en>. [70]
- Chandy, L. (2023), *Economic Development in an Era of Climate Change*, <https://carnegieendowment.org/2023/01/04/economic-development-in-era-of-climate-change-pub-88690> (accessed on 12 March 2024). [155]
- Chataway, J., R. Hanlin and R. Kaplinsky (2014), "Inclusive innovation: an architecture for policy development", *Innovation and Development*, Vol. 4/1, pp. 33-54, <https://doi.org/10.1080/2157930x.2013.876800>. [21]

- Church, C., A. Crawford and S. Schaller (2019), *Managing the trade-offs of transformation through foreign policy*, <https://www.iisd.org/publications/brief/managing-trade-offs-transformation-through-foreign-policy> (accessed on 26 March 2024). [16]
- Ciarli, T. (ed.) (2022), *Changing Directions: Steering science, technology and innovation towards the Sustainable Development Goals*, SPRU, University of Sussex, <https://doi.org/10.20919/FSOF1258>. [24]
- COVID CIRCLE (2021), *Funding and undertaking research during the first year of the COVID-19 pandemic: COVID CIRCLE lessons for funders*, <https://www.glopid-r.org/wp-content/uploads/2021/11/funding-and-undertaking-research-during-the-first-year-of-the-covid-19-pandemic-covid-circle-lessons-for-funders.pdf>. [160]
- de Silva, M. et al. (2023), *Unlocking co-creation for green innovation: An exploration of the diverse contributions of universities*, <https://www.oecd.org/publications/unlocking-co-creation-for-green-innovation-b887f436-en.htm> (accessed on 22 March 2024). [75]
- Diercks, G., H. Larsen and F. Steward (2019), "Transformative innovation policy: Addressing variety in an emerging policy paradigm", *Research Policy*, Vol. 48/4, pp. 880-894, <https://doi.org/10.1016/j.respol.2018.10.028>. [5]
- Dolgin, E. (2021), "The tangled history of mRNA vaccines", *Nature*, Vol. 597/7876, pp. 318-324, <https://doi.org/10.1038/d41586-021-02483-w>. [175]
- DORA (n.d.), *About DORA*, <https://sfedora.org/about-dora/> (accessed on 12 March 2024). [177]
- Dugard, P. (1997), "The Montreal Protocol: An exercise in international environmental diplomacy", *ASHRAE Journal*, Vol. 39/9, p. 38. [179]
- Dunlap, R. and R. Brulle (eds.) (2015), *The human (anthropogenic) driving forces of global climate change*, Oxford University Press. [20]
- Edler, J., M. Karaulova and K. Barker (2022), "Understanding Conceptual Impact of Scientific Knowledge on Policy: The Role of Policymaking Conditions", *Minerva*, Vol. 60/2, pp. 209-233, <https://doi.org/10.1007/s11024-022-09459-8>. [193]
- EEA (2019), *Sustainability transitions: policy and practice*, <https://www.eea.europa.eu/publications/sustainability-transitions-policy-and-practice> (accessed on 30 September 2023). [133]
- EEIST (2022), *Ten Principles for Policy Making in the Energy Transition*, <https://eeist.co.uk/eeist-reports/ten-principles-for-policy-making-in-the-energy-transition/> (accessed on 19 February 2024). [126]
- Enterprise Ireland (2022), *Agile Innovation Fund*, <https://www.enterpriseireland.com/en/supports/agile-innovation-fund> (accessed on 28 November 2023). [74]
- Environics Institute (2023), *Confidence in Leaders*, https://www.environicsinstitute.org/docs/default-source/default-document-library/cot_cover-confidence-in-leaders5f77a9f8d8f24682b4dbcdb2b552c1a2.pdf?sfvrsn=4a85efd8_0. [169]
- Fagerberg, J. (2018), "Mobilizing innovation for sustainability transitions: A comment on transformative innovation policy", *Research Policy*, Vol. 47/9, pp. 1568-1576, <https://doi.org/10.1016/j.respol.2018.08.012>. [6]

- Federation of American Scientists (2024), *The Future of Open Science Policy*, [15]
<https://fas.org/accelerator/open-science/> (accessed on 16 April 2024).
- Feola, G. (2015), "Societal transformation in response to global environmental change: A review of emerging concepts", *Ambio*, Vol. 44/5, pp. 376-390, <https://doi.org/10.1007/s13280-014-0582-z>. [65]
- Few, R. et al. (2017), "Transformation, adaptation and development: relating concepts to practice", *Palgrave Communications*, Vol. 3/1, p. 17092, <https://doi.org/10.1057/palcomms.2017.92>. [25]
- Fonseca, C. et al. (2023), *COVID-19 and the public perception of genetics*, [171]
<https://genetics.org.uk/wp-content/uploads/2018/06/Copy-of-Public-Perception-of-Genetics.pdf>.
- Fuglsang, L. and A. Hansen (2022), "Framing improvements of public innovation in a living lab context: Processual learning, restrained space and democratic engagement", *Research Policy*, Vol. 51/1, p. 104390, <https://doi.org/10.1016/j.respol.2021.104390>. [57]
- Gallup (2020), *Wellcome Global Monitor: How COVID-19 affected people's lives and their views about science*, <https://cms.wellcome.org/sites/default/files/2021-11/Wellcome-Global-Monitor-Covid.pdf>. [168]
- Garden, H. (2023), "Collaborative mechanisms for sustainable health innovation: The case of vaccines and antibiotics", *OECD Science, Technology and Industry Policy Papers*, No. 145, OECD Publishing, Paris, <https://doi.org/10.1787/3e8d40dc-en>. [121]
- Geels, F. and J. Schot (2007), "Typology of sociotechnical transition pathways", *Research Policy*, Vol. 36/3, pp. 399-417, <https://doi.org/10.1016/J.RESPOL.2007.01.003>. [200]
- Geels, F. et al. (2017), "Sociotechnical transitions for deep decarbonization", *Science*, [30]
 Vol. 357/6357, pp. 1242-1244, <https://doi.org/10.1126/science.aao3760>.
- Geoghegan, H. et al. (2016), *Understanding motivations for citizen science*, UKEOF, University of Reading, Stockholm Environment Institute (University of York) and University of the West of England, <https://www.ukeof.org.uk/resources/citizen-science-resources/MotivationsforCSREPORTFINALMay2016.pdf>. [166]
- Gierden, D. et al. (2021), *Firms going digital: Tapping into the potential of data for innovation*, [100]
 OECD Digital Economy Papers, No. 320, OECD Publishing, https://www.oecd-ilibrary.org/science-and-technology/firms-going-digital_ee8340c1-en (accessed on 22 March 2024).
- Global Deal (2023), *Upskilling and reskilling for the twin transition: The role of social dialogue*, [111]
<https://www.theglobaldeal.com/resources/Upskilling-and-reskilling-for-the-twin-transition.pdf>.
- GloPID-R (2019), *Data sharing in public health emergencies: Learning from past outbreaks*, [86]
 GloPID-R, https://www.imit.org.cn/data/upload/portal/20220228/CASE-STUDY%20_data-sharing-in-public-health-emergencies-case-studies-workshop-reportv2.pdf.
- Gold, E. (2021), "The fall of the innovation empire and its possible rise through open science", [122]
Research Policy, Vol. 50/5, p. 104226, <https://doi.org/10.1016/j.respol.2021.104226>.

- Grillitsch, M. et al. (2019), "Innovation policy for system-wide transformation: The case of strategic innovation programmes (SIPs) in Sweden", *Research Policy*, Vol. 48/4, pp. 1048-1061, <https://doi.org/10.1016/j.respol.2018.10.004>. [136]
- Hallsworth, M. (2023), "A manifesto for applying behavioural science", *Nature Human Behaviour*, Vol. 7/3, pp. 310-322, <https://doi.org/10.1038/s41562-023-01555-3>. [187]
- Halme, K. et al. (2019), *Case study on the policy mix for science-industry knowledge transfer in Finland: Contribution to the OECD TIP Knowledge Transfer and Policies projec*, <https://stip.oecd.org/assets/TKKT/CaseStudies/2.pdf> (accessed on 13 March 2024). [146]
- Hebinck, A. et al. (2022), "An actionable understanding of societal transitions: the X-curve framework", *Sustainability Science*, Vol. 17/3, pp. 1009-1021, <https://doi.org/10.1007/s11625-021-01084-w>. [35]
- HM Treasury (2022), *The Green Book (2022)*, HM Treasury, London, <https://www.gov.uk/government/publications/the-green-book-appraisal-and-evaluation-in-central-government/the-green-book-2020#a7-transformation-systems-and-dynamic-change> (accessed on 19 February 2024). [68]
- ICRI (2021), *International Conference on Research Infrastructures: Proceedings Report*. [156]
- IEA (2023), *Net Zero Roadmap: A Global Pathway to Keep the 1.5 °C Goal in Reach*, IEA, <https://www.iea.org/reports/net-zero-roadmap-a-global-pathway-to-keep-the-15-0c-goal-in-reach>. [17]
- IEA (2022), *The Need for Net Zero Demonstration Projects*, <https://www.iea.org/reports/the-need-for-net-zero-demonstration-projects>. [174]
- IEA (2021), *Net Zero by 2050: A Roadmap for the Global Energy Sector*, <https://www.iea.org/reports/net-zero-by-2050>. [4]
- IEA (2020), *Energy Technology Perspectives 2020*, https://iea.blob.core.windows.net/assets/04dc5d08-4e45-447d-a0c1-d76b5ac43987/Energy_Technology_Perspectives_2020_-_Special_Report_on_Clean_Energy_Innovation.pdf. [178]
- IPCC (2022), *Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability*, https://report.ipcc.ch/ar6/wg2/IPCC_AR6_WGII_FullReport.pdf (accessed on 24 March 2024). [19]
- IPCC (2007), *Climate Change 2007: Synthesis Report - Summary for Policymakers*. [18]
- Ishmael-Perkins, N. et al. (2023), *The Contextualization Deficit: Reframing Trust in Science for Multilateral Policy*, The Centre for Science Futures, <https://doi.org/10.24948/2023.10>. [172]
- ITF (2023), *ITF Transport Outlook 2023*, OECD Publishing, Paris, <https://doi.org/10.1787/b6cc9ad5-en>. [48]
- ITIF (2022), *Low-Carbon Process Technologies: Key Pieces of the Net-Zero Future*, <https://itif.org/publications/2022/11/14/low-carbon-process-technologies-key-pieces-of-the-net-zero-future/> (accessed on 28 November 2023). [145]

- IUCN (2020), *Issues Brief: Ensuring effective nature-based solutions*, [190]
https://www.iucn.org/sites/default/files/2022-02/iucn_issues_brief_-_nbs_standard_eng.pdf
 (accessed on 20 March 2024).
- IUCN (2020), *IUCN Global Standard for Nature-based Solutions: a user-friendly framework for the verification, design and scaling up of NbS: first edition*, IUCN, International Union for Conservation of Nature, <https://doi.org/10.2305/iucn.ch.2020.08.en>. [189]
- IUCN (2012), *The IUCN Programme 2013-2016*, <https://www.iucn.org/sites/default/files/2022-05/wcc-5th-003.pdf> (accessed on 20 March 2024). [188]
- Janssen, M. (2019), "What bangs for your buck? Assessing the design and impact of Dutch transformative policy", *Technological Forecasting and Social Change*, Vol. 138, pp. 78-94, <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2018.08.011>. [64]
- Jetel, R. (2022), *What Is Systems Change? 6 Questions, Answered*, [69]
<https://www.wri.org/insights/systems-change-how-to-top-6-questions-answered> (accessed on 26 March 2024).
- Johnstone, P., A. Stirling and B. Sovacool (2017), "Policy mixes for incumbency: Exploring the destructive recreation of renewable energy, shale gas 'fracking,' and nuclear power in the United Kingdom", *Energy Research & Social Science*, Vol. 33, pp. 147-162, <https://doi.org/10.1016/j.erss.2017.09.005>. [164]
- Kanda, W. et al. (2020), "Conceptualising the systemic activities of intermediaries in sustainability transitions", *Environmental Innovation and Societal Transitions*, Vol. 36, pp. 449-465, <https://doi.org/10.1016/j.eist.2020.01.002>. [144]
- Kanger, L., B. Sovacool and M. Noorkõiv (2020), "Six policy intervention points for sustainability transitions: A conceptual framework and a systematic literature review", *Research Policy*, Vol. 49/7, p. 104072, <https://doi.org/10.1016/j.respol.2020.104072>. [110]
- Kellermann, M. (2019), *Ensuring Quality to Gain Access to Global Markets: A Reform Toolkit*, Washington, DC: World Bank; Braunschweig, Germany: Physikalisch-Technische Bundesanstalt, <https://doi.org/10.1596/978-1-4648-1372-6>. [87]
- Kivimaa, P. and F. Kern (2016), "Creative destruction or mere niche support? Innovation policy mixes for sustainability transitions", *Research Policy*, Vol. 45/1, pp. 205-217, <https://doi.org/10.1016/j.respol.2015.09.008>. [34]
- Koretsky, Z. et al. (2023), *Technologies in Decline: Socio-Technical Approaches to Discontinuation and Destabilisation*, Routledge, New York, US. [38]
- Kreiling, L. and C. Paunov (2021), *Knowledge co-creation in the 21st century: An international experience-based policy report*, https://www.oecd-ilibrary.org/science-and-technology/knowledge-co-creation-in-the-21st-century_c067606f-en (accessed on 14 March 2024). [137]
- Kuhlmann, S. and A. Rip (2014), *The challenge of addressing Grand Challenges*, [54]
https://ris.utwente.nl/ws/portalfiles/portal/5140568/The_challenge_of_addressing_Grand_Challenges.pdf (accessed on 19 February 2024).

- Larrue, P. (2021), *The design and implementation of mission-oriented innovation policies: A new systemic policy approach to address societal challenges*, https://www.oecd-ilibrary.org/science-and-technology/the-design-and-implementation-of-mission-oriented-innovation-policies_3f6c76a4-en (accessed on 27 September 2023). [26]
- Larrue, P. and O. Strauka (2022), "The contribution of RTOs to socio-economic recovery, resilience and transitions", *OECD Science, Technology and Industry Policy Papers*, No. 129, OECD Publishing, Paris, <https://doi.org/10.1787/ae93dc1d-en>. [83]
- Lenton, T. et al. (2023), *The Global Tipping Points Report 2023*, University of Exeter, Exeter, <https://global-tipping-points.org/> (accessed on 19 February 2024). [44]
- Lindner, R. et al. (2016), *Addressing directionality: Orientation failure and the systems of innovation heuristic. Towards reflexive governance*. [55]
- Linkov, I. and J. Palma-Oliveira (2017), *Risk and Resilience: Methods and Application in Environment, Cyber and Social Domains*, Springer Netherlands. [12]
- Loorbach, D., N. Frantzeskaki and F. Avelino (2017), "Sustainability Transitions Research: Transforming Science and Practice for Societal Change", *Annual Review of Environment and Resources*, Vol. 42/1, pp. 599-626, <https://doi.org/10.1146/annurev-environ-102014-021340>. [33]
- Loorbach, D., D. Schoenmaker and W. Schramade (2020), *Finance in Transition: Principles for a Positive Finance Future*, https://www.rsm.nl/fileadmin/Corporate/About_RSM/Positive_Change/2020_Finance_in_Transition.pdf (accessed on 28 November 2023). [73]
- Magro, E., M. Navarro and J. Zabala-Iturriagoitia (2014), "Coordination-Mix: The Hidden Face of STI policy", *Review of Policy Research*, Vol. 31/5, pp. 367-389, <https://doi.org/10.1111/ropr.12090>. [148]
- Maizland, L. (2023), *Global Climate Agreements: Successes and Failures*, <https://www.cfr.org/backgrounder/paris-global-climate-change-agreements#:~:text=The%20Kyoto%20Protocol%20required%20only,countries%20to%20set%20emissions%20targets>. (accessed on 13 March 2024). [181]
- Meadowcroft, J. (2011), "Engaging with the politics of sustainability transitions", *Environmental Innovation and Societal Transitions*, Vol. 1/1, pp. 70-75, <https://doi.org/10.1016/j.eist.2011.02.003>. [128]
- Meadowcroft, J. (2009), "What about the politics? Sustainable development, transition management, and long term energy transitions", *Policy Sciences*, Vol. 42/4, pp. 323-340, <https://doi.org/10.1007/s11077-009-9097-z>. [163]
- Meadowcroft, J. et al. (2021), *Pathways to net zero: A decision support tool*, <http://www.transitionaccelerator.ca>. [32]
- Meadowcroft, J. and D. Rosenbloom (2023), *Governing the net-zero transition: Strategy, policy, and politics*, <https://www.pnas.org/doi/10.1073/pnas.2207727120> (accessed on 19 February 2024). [39]
- Meadows, D. (1999), *Leverage Points: Places to Intervene in a System*, The Sustainability Institute, http://drbalcom.pbworks.com/w/file/attach/35173014/Leverage_Points.pdf (accessed on 15 September 2023). [40]

- Miedzinski, M. et al. (2020), *Science, Technology and Innovation for SDGs Roadmaps*. [80]
- Mignon, I. and W. Kanda (2018), "A typology of intermediary organizations and their impact on sustainability transition policies", *Environmental Innovation and Societal Transitions*, Vol. 29, pp. 100-113, <https://doi.org/10.1016/j.eist.2018.07.001>. [135]
- Ministry of Business, Innovation & Employment, (2023), *Which analytical tools are suited to transformative change?*, New Zealand Government, <https://www.mbie.govt.nz/assets/Analytical-tools-suited-to-transformative-change-report.pdf> (accessed on 18 April 2024). [201]
- Molen, I. et al. (2023), *Keeping science open? Current challenges in the day-to-day reality of universities*, <https://doi.org/10.5281/zenodo.8355324> (accessed on 16 April 2024). [14]
- Monteiro, B. and R. Dal Borgo (2023), "Supporting decision making with strategic foresight: An emerging framework for proactive and prospective governments.", *OECD Working Papers on Public Governance*, No. 63, OECD Publishing, Paris, <https://doi.org/10.1787/1d78c791-en>. [127]
- Monteiro, B. and B. Kumpf (2023), *Innovation labs through the looking glass: Experiences across the globe*, <https://oecd-opsi.org/blog/innovation-labs-through-the-looking-glass/> (accessed on 19 February 2024). [56]
- Nordhaus, W. (2015), "Climate Clubs: Overcoming Free-riding in International Climate Policy", *American Economic Review*, Vol. 105/4, pp. 1339-1370, <https://doi.org/10.1257/aer.15000001>. [153]
- NSF (2024), *Global Centers*, <https://new.nsf.gov/funding/opportunities/global-centers-gc> (accessed on 17 April 2024). [197]
- OECD (2024), *Framework for Anticipatory Governance of Emerging Technologies*, OECD Publishing, <https://doi.org/10.1787/0248ead5-en>. [29]
- OECD (2023), *Agricultural Policy Monitoring and Evaluation 2023: Adapting Agriculture to Climate Change*, OECD Publishing, Paris, <https://doi.org/10.1787/b14de474-en>. [50]
- OECD (2023), "An effective, fair and equitable transition", in *Net Zero+: Climate and Economic Resilience in a Changing World*, OECD Publishing, Paris, <https://doi.org/10.1787/aeac6dba-en>. [9]
- OECD (2023), *Artificial Intelligence in Science: Challenges, Opportunities and the Future of Research*, OECD Publishing, Paris, <https://doi.org/10.1787/a8d820bd-en>. [93]
- OECD (2023), *Communicating science responsibly*, OECD Publishing, Paris, <https://doi.org/10.1787/5c3be7ce-en>. [131]
- OECD (2023), "COVID-19 and policy for science", *OECD Science, Technology and Industry Policy Papers*, No. 152, OECD Publishing, Paris, <https://doi.org/10.1787/8f86e60b-en>. [84]
- OECD (2023), "COVID-19 and science for policy and society", *OECD Science, Technology and Industry Policy Papers*, No. 154, OECD Publishing, Paris, <https://doi.org/10.1787/0afa04e2-en>. [72]

- OECD (2023), *COVID-19, resilience and the interface between science, policy and society*, [143]
https://www.oecd-ilibrary.org/science-and-technology/covid-19-resilience-and-the-interface-between-science-policy-and-society_9ab1fbb7-en (accessed on 15 November 2023).
- OECD (2023), "Emerging technology governance: Towards an anticipatory framework", in *OECD Science, Technology and Innovation Outlook 2023: Enabling Transitions in Times of Disruption*, OECD Publishing, Paris, <https://doi.org/10.1787/d67d5380-en>. [98]
- OECD (2023), *Freedom of investment process: Investment policy developments in 61 economies between 16 October 2021 and 15 March 2023*. [186]
- OECD (2023), *Net Zero+: Climate and Economic Resilience in a Changing World*, OECD Publishing, Paris, <https://doi.org/10.1787/da477dda-en>. [3]
- OECD (2023), *OECD Inventory of Support Measures for Fossil Fuels 2023*, OECD Publishing, Paris, <https://doi.org/10.1787/87dc4a55-en>. [117]
- OECD (2023), *OECD Reviews of Innovation Policy: Korea 2023*, [152]
<https://www.oecd.org/publications/oecd-reviews-of-innovation-policy-korea-2023-bdcf9685-en.htm> (accessed on 13 March 2024).
- OECD (2023), *OECD Science, Technology and Innovation Outlook 2023: Enabling Transitions in Times of Disruption*, OECD Publishing, Paris, <https://doi.org/10.1787/0b55736e-en>. [13]
- OECD (2023), *OECD Skills Outlook 2023: Skills for a Resilient Green and Digital Transition*, [106]
 OECD Publishing, Paris, <https://doi.org/10.1787/27452f29-en>.
- OECD (2023), *OECD work in support of industrial decarbonisation*, ISSUU, [49]
https://issuu.com/oecd.publishing/docs/oecd_industrial_decarbonisation_2023 (accessed on 18 March 2024).
- OECD (2023), "Promoting diverse career pathways for doctoral and postdoctoral researchers", [114]
OECD Science, Technology and Industry Policy Papers, No. 158, OECD Publishing, Paris, <https://doi.org/10.1787/dc21227a-en>.
- OECD (2023), "Reaching Net zero: Do mission-oriented policies deliver on their many promises?", in *OECD Science, Technology and Innovation Outlook 2023: Enabling Transitions in Times of Disruption*, OECD Publishing, Paris, <https://doi.org/10.1787/fd790e2c-en>. [147]
- OECD (2023), *Regional Industrial Transitions to Climate Neutrality*, OECD Regional Development Studies, OECD Publishing, Paris, <https://doi.org/10.1787/35247cc7-en>. [162]
- OECD (2023), "Regulatory sandboxes in artificial intelligence", *OECD Digital Economy Papers*, [61]
 No. 356, OECD Publishing, Paris, <https://doi.org/10.1787/8f80a0e6-en>.
- OECD (2023), "Science, technology and innovation policy in times of strategic competition", in [103]
OECD Science, Technology and Innovation Outlook 2023: Enabling Transitions in Times of Disruption, OECD Publishing, Paris, <https://doi.org/10.1787/f3c247fc-en>.
- OECD (2023), *Skills requirements in cutting-edge technologies for green and digital futures: Implications for STI policies*, [107]
<https://www.oecd.org/sti/inno/skillsrequirementsincutting-edgetechnologiesforgreenanddigitalfuturesimplicationsforstipolicy.htm> (accessed on 9 April 2024).

- OECD (2023), "Very Large Research Infrastructures: Policy issues and options", *OECD Science, Technology and Industry Policy Papers*, No. 153, OECD Publishing, Paris, <https://doi.org/10.1787/2b93187f-en>. [85]
- OECD (2022), *Declaration on Transformative Solutions for Sustainable Agriculture and Food Systems*, <https://legalinstruments.oecd.org/en/instruments/OECD-LEGAL-0483> (accessed on 19 February 2024). [47]
- OECD (2022), *FDI Qualities Policy Toolkit*, https://www.oecd-ilibrary.org/finance-and-investment/fdi-qualities-policy-toolkit_7ba74100-en (accessed on 19 February 2024). [165]
- OECD (2022), "Framework for industry's net-zero transition: Developing financing solutions in emerging and developing economies", *OECD Environment Policy Papers*, No. 32, OECD Publishing, Paris, <https://doi.org/10.1787/0c5e2bac-en>. [161]
- OECD (2022), *Inclusive Forum on Carbon Mitigation Approaches*, https://www.oecd.org/climate-change/inclusive-forum-on-carbon-mitigation-approaches/?_ga=2.237167680.1185783980.1708330587-982265485.1706514215. [79]
- OECD (2022), *Integrity and security in the global research ecosystem*, OECD Publishing, <https://www.oecd.org/publications/integrity-and-security-in-the-global-research-ecosystem-1c416f43-en.htm> (accessed on 14 November 2023). [28]
- OECD (2022), "Measuring the environmental impacts of artificial intelligence compute and applications: The AI footprint", *OECD Digital Economy Papers*, No. 341, OECD Publishing, Paris, <https://doi.org/10.1787/7babf571-en>. [90]
- OECD (2022), "Policy guidance on market practices to strengthen ESG investing and finance a climate transition", *OECD Business and Finance Policy Papers*, No. 13, OECD Publishing, Paris, <https://doi.org/10.1787/2c5b535c-en>. [124]
- OECD (2021), "Civil service capacities in the SDG era: An assessment framework", *OECD Working Papers on Public Governance*, No. 47, OECD Publishing, Paris, <https://doi.org/10.1787/a20bad7c-en>. [108]
- OECD (2021), *Development Co-operation Report 2021: Shaping a Just Digital Transformation*, OECD Publishing, Paris, <https://doi.org/10.1787/ce08832f-en>. [96]
- OECD (2021), *Effective policies to foster high-risk/high-reward research*, OECD Publishing, Paris, https://www.oecd-ilibrary.org/science-and-technology/effective-policies-to-foster-high-risk-high-reward-research_06913b3b-en (accessed on 25 March 2024). [76]
- OECD (2021), *Financial markets and climate transition: Opportunities, challenges and policy implications*, OECD Paris, <https://www.oecd.org/finance/Financial-Markets-and-Climate-Transition-Opportunities-Challenges-and-Policy-Implications.pdf> (accessed on 18 February 2023). [125]
- OECD (2021), "Government support for business research and innovation in a world in crisis", in *OECD Science, Technology and Innovation Outlook 2021: Times of Crisis and Opportunity*, OECD Publishing, Paris, <https://doi.org/10.1787/7a7891a5-en>. [77]
- OECD (2021), *Practical guidance on agile regulatory governance to innovation*, <https://legalinstruments.oecd.org/public/doc/669/9110a3d9-3bab-48ca-9f1f-4ab6f2201ad9.pdf> (accessed on 14 March 2024). [119]

- OECD (2021), *Recommendation of the Council concerning Access to Research Data from Public Funding*, <https://www.oecd.org/sti/recommendation-access-to-research-data-from-public-funding.htm>. [157]
- OECD (2021), *Recommendation of the Council for Agile Regulatory Governance to Harness Innovation*, <https://legalinstruments.oecd.org/en/instruments/OECD-LEGAL-0464> (accessed on 30 January 2024). [118]
- OECD (2021), *Recommendation of the Council on Enhancing Access to and Sharing of Data*, <https://legalinstruments.oecd.org/en/instruments/OECD-LEGAL-0463> (accessed on 22 March 2024). [101]
- OECD (2021), "Reducing the precarity of academic research careers", *OECD Science, Technology and Industry Policy Papers*, No. 113, OECD Publishing, Paris, <https://doi.org/10.1787/0f8bd468-en>. [109]
- OECD (2020), *A systemic resilience approach to dealing with Covid-19 and future shocks*, https://read.oecd-ilibrary.org/view/?ref=131_131917-kpfefrdfnx&title=A-Systemic-Resilience-Approach-to-dealing-with-Covid-19-and-future-shocks (accessed on 24 November 2023). [11]
- OECD (2020), "Addressing societal challenges using transdisciplinary research", *OECD Science, Technology and Industry Policy Papers*, No. 88, OECD Publishing, Paris, <https://doi.org/10.1787/0ca0ca45-en>. [105]
- OECD (2020), *Broad-based Innovation Policy for All Regions and Cities*, OECD Regional Development Studies, OECD Publishing, Paris, <https://doi.org/10.1787/299731d2-en>. [52]
- OECD (2020), "Building digital workforce capacity and skills for data-intensive science", *OECD Science, Technology and Industry Policy Papers*, No. 90, OECD Publishing, Paris, <https://doi.org/10.1787/e08aa3bb-en>. [113]
- OECD (2020), *Enhanced Access to Publicly Funded Data for Science, Technology and Innovation*, OECD Publishing, Paris, <https://doi.org/10.1787/947717bc-en>. [173]
- OECD (2020), *Moving Towards a Safe(r) Innovation Approach (SIA) for More Sustainable Nanomaterials and Nano-enabled Products*, [https://one.oecd.org/document/env/jm/mono\(2020\)36/REV1/en/pdf](https://one.oecd.org/document/env/jm/mono(2020)36/REV1/en/pdf) (accessed on 19 February 2024). [58]
- OECD (2020), *The Digitalisation of Science, Technology and Innovation: Key Developments and Policies*, <https://www.comecso.com/wp-content/uploads/2020/03/digitalisation-of-STI-summary.pdf> (accessed on 28 September 2023). [102]
- OECD (2019), *Declaration on Public Sector Innovation*, <https://oecd-opsi.org/work-areas/declaration/>. [196]
- OECD (2019), *Digital Innovation: Seizing Policy Opportunities*, OECD Publishing, Paris, <https://doi.org/10.1787/a298dc87-en>. [99]
- OECD (2019), *Enhancing Access to and Sharing of Data: Reconciling Risks and Benefits for Data Re-use across Societies*, OECD Publishing, Paris, <https://doi.org/10.1787/276aaca8-en>. [199]

- OECD (2019), *Regions in Industrial Transition: Policies for People and Places*, OECD, [51]
https://www.oecd-ilibrary.org/urban-rural-and-regional-development/regions-in-industrial-transition_c76ec2a1-en (accessed on 19 February 2024).
- OECD (2019), *Rethinking Innovation for a Sustainable Ocean Economy*, OECD Publishing, [139]
 Paris, <https://doi.org/10.1787/9789264311053-en>.
- OECD (2019), *The Path to Becoming a Data-Driven Public Sector*, OECD Digital Government [151]
 Studies, OECD Publishing, Paris, <https://doi.org/10.1787/059814a7-en>.
- OECD (2018), *Blue Sky perspectives towards the next generation of data and indicators on science and innovation*, OECD Publishing, Paris, https://www.oecd-ilibrary.org/science-and-technology/oecd-science-technology-and-innovation-outlook-2018_sti_in_outlook-2018-en [129]
 (accessed on 30 January 2024).
- OECD (2018), *OECD Science, Technology and Innovation Outlook 2018: Adapting to Technological and Societal Disruption*, OECD Publishing, Paris, [46]
https://doi.org/10.1787/sti_in_outlook-2018-en.
- OECD (2018), *Opportunities for All: A Framework for Policy Action on Inclusive Growth*, OECD [10]
 Publishing, Paris, <https://doi.org/10.1787/9789264301665-en>.
- OECD (2018), "Technology governance and the innovation process", in *OECD Science, Technology and Innovation Outlook 2018: Adapting to Technological and Societal Disruption*, [97]
 OECD Publishing, Paris, https://doi.org/10.1787/sti_in_outlook-2018-15-en.
- OECD (2017), "Multi-level Governance Reforms: Overview of OECD Country Experiences, OECD Multi-level Governance Studies", <https://www.oecd.org/fr/publications/multi-level-governance-reforms-9789264272866-en.htm> [191]
 (accessed on 22 March 2024).
- OECD (2017), "Strengthening the effectiveness and sustainability of international research infrastructures", *OECD Science, Technology and Industry Policy Papers*, No. 48, OECD [81]
 Publishing, Paris, <https://doi.org/10.1787/fa11a0e0-en>.
- OECD (2017), "The role of the budget process in promoting public sector innovation", in *Fostering Innovation in the Public Sector*, OECD Publishing, Paris, [71]
<https://doi.org/10.1787/9789264270879-6-en>.
- OECD (2015), "Making Open Science a Reality", *OECD Science, Technology and Industry Policy Papers*, No. 25, OECD Publishing, Paris, <https://doi.org/10.1787/5jrs2f963zs1-en>. [159]
- OECD (2015), "Scientific Advice for Policy Making: The Role and Responsibility of Expert Bodies and Individual Scientists", *OECD Science, Technology and Industry Policy Papers*, No. 21, [104]
 OECD Publishing, Paris, <https://doi.org/10.1787/5js331jcpwb-en>.
- OECD (2014), *Challenges and Opportunities for Innovation Through Technology: the Convergence of Technologies*, [https://one.oecd.org/document/dsti/stp\(2013\)15/final/en/pdf](https://one.oecd.org/document/dsti/stp(2013)15/final/en/pdf). [94]
- OECD (2014), *Recommendation of the Council on Effective Public Investment Across Levels of Government*, <https://legalinstruments.oecd.org/en/instruments/OECD-LEGAL-0402> [150]
 (accessed on 13 March 2024).
- OECD (2014), "Synthetic biology: A new and promising technology", in *Emerging Policy Issues in Synthetic Biology*, OECD Publishing, Paris, <https://doi.org/10.1787/9789264208421-4-en>. [91]

- OECD, IEA (2023), *Climate Club: Accelerating global industry decarbonisation through stronger international collaboration*, <https://climate-club.org/wp-content/uploads/2023/11/Climate-Club-COP-28-background-paper.pdf>. [154]
- OECD/Science Europe (2020), "Optimising the operation and use of national research infrastructures", *OECD Science, Technology and Industry Policy Papers*, No. 91, OECD Publishing, Paris, <https://doi.org/10.1787/7cc876f7-en>. [82]
- OpenAIRE (n.d.), *OpenAIRE History*, <https://www.openaire.eu/history> (accessed on 18 March 2024). [185]
- Ordonez-Ponce, E., A. Clarke and B. Colbert (2021), "Collaborative Sustainable Business Models: Understanding Organizations Partnering for Community Sustainability", *Business & Society*, Vol. 60/5, pp. 1174-1215. [141]
- Pardi, N. et al. (2018), "mRNA vaccines — a new era in vaccinology", *Nature Reviews Drug Discovery*, Vol. 17/4, pp. 261-279, <https://doi.org/10.1038/nrd.2017.243>. [176]
- Paunov, C. and S. Planes-Satorra (2023), *Engaging citizens in innovation policy*, OECD Publishing, <https://www.oecd.org/publications/engaging-citizens-in-innovation-policy-ba068fa6-en.htm>. [130]
- Peters, B. (2018), "The challenge of policy coordination", *Policy Design and Practice*, Vol. 1/1, pp. 1-11, <https://doi.org/10.1080/25741292.2018.1437946>. [149]
- Pew Research Center (2022), *Americans' Trust in Scientists, Other Groups Declines*, https://www.pewresearch.org/science/wp-content/uploads/sites/16/2022/02/PS_2022.02.15_trust-declines_REPORT.pdf. [170]
- Philp, J. and D. Winickoff (2019), *Innovation ecosystems in the bioeconomy*, https://www.oecd-ilibrary.org/science-and-technology/innovation-ecosystems-in-the-bioeconomy_e2e3d8a1-en (accessed on 14 March 2024). [140]
- Philp, J. and D. Winickoff (2018), "Realising the circular bioeconomy", *OECD Science, Technology and Industry Policy Papers*, No. 60, OECD Publishing, Paris, <https://doi.org/10.1787/31bb2345-en>. [92]
- Pigford, A., G. Hickey and L. Klerkx (2018), "Beyond agricultural innovation systems? Exploring an agricultural innovation ecosystems approach for niche design and development in sustainability transitions", *Agricultural Systems*, Vol. 164, pp. 116-121, <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2018.04.007>. [138]
- Planes-Satorra, S. and C. Paunov (2017), "Inclusive innovation policies: Lessons from international case studies", *OECD Science, Technology and Industry Working Papers*, No. 2017/2, OECD Publishing, Paris, <https://doi.org/10.1787/a09a3a5d-en>. [22]
- Robinson, D., D. Winickoff and L. Kreiling (2023), *Technology assessment for emerging technology: Meeting new demands for strategic intelligence*, https://www.oecd-ilibrary.org/science-and-technology/technology-assessment-for-emerging-technology_e738fcd-f-en (accessed on 30 September 2023). [62]
- Rogge, K. and P. Johnstone (2017), "Exploring the role of phase-out policies for low-carbon energy transitions: The case of the German Energiewende", *Energy Research & Social Science*, Vol. 33, pp. 128-137, <https://doi.org/10.1016/j.erss.2017.10.004>. [36]

- Rosenbloom, D. and A. Rinscheid (2020), "Deliberate decline: An emerging frontier for the study and practice of decarbonization", *WIREs Climate Change*, Vol. 11/6, <https://doi.org/10.1002/wcc.669>. [37]
- Rotolo, D. et al. (2017), "Strategic intelligence on emerging technologies: Scientometric overlay mapping", *Journal of the Association for Information Science and Technology*, Vol. 68/1, pp. 214-233, <https://doi.org/10.1002/asi.23631>. [63]
- Samans, R. (2016), *Blending public and private funds for sustainable development*, OECD, <https://www.oecd-ilibrary.org/sites/dcr-2016-9-en/index.html?itemId=/content/component/dcr-2016-9-en>. [78]
- Sauermann, H. et al. (2020), "Citizen science and sustainability transitions", *Research Policy*, Vol. 49/5, p. 103978, <https://doi.org/10.1016/j.respol.2020.103978>. [134]
- Schumer, C. et al. (2022), "Methodology Underpinning the State of Climate Action Series", <https://www.wri.org/research/methodology-underpinning-state-climate-action-series> (accessed on 22 March 2024). [66]
- Schwaag Serger, S. and C. Palmberg (2022), "Towards transformative policy in Finland and Sweden: some viewpoints from practice", in Benner, M., G. Marklund and S. Schwaag Serger (eds.), *Smart Policies for Societies in Transition: The Innovation Challenge of Inclusion, Resilience and Sustainability*. [7]
- Sharpe, S. and T. Lenton (2021), "Upward-scaling tipping cascades to meet climate goals: plausible grounds for hope", *Climate Policy*, Vol. 21/4, pp. 421-433, <https://doi.org/10.1080/14693062.2020.1870097>. [45]
- Solarin, S. et al. (2022), "Inequality Persistence of 21 OECD Countries from 1870 to 2020: Linear and Non-Linear Fractional Integration Approaches", *Social Indicators Research*, Vol. 164/2, pp. 711-725, <https://doi.org/10.1007/s11205-022-02982-x>. [1]
- Systemiq, University of Exeter and Bezos Earth Foundation (2023), *The breakthrough effect: How tipping points can accelerate net zero?*, <https://www.systemiq.earth/breakthrough-effect/> (accessed on 19 February 2024). [42]
- Tàbara, J. et al. (2021), *Towards transformative emergence: Research challenges for enabling social-ecological tipping points toward regional sustainability transformations*, <https://tipping-plus.eu/sites/default/files/Working%20Documents/T%2BWorking%20Document%20Series%202021.01-Transformative%20emergence.pdf> (accessed on 19 February 2024). [41]
- Teece, D., G. Pisano and A. Shuen (1997), "Dynamic capabilities and strategic management", *Strategic Management Journal*, Vol. 17/7, pp. 509-533. [182]
- UN (2023), *The Sustainable Development Goals Report 2023: Special Edition - Towards a rescue plan for people and planet*, <https://unstats.un.org/sdgs/report/2023/The-Sustainable-Development-Goals-Report-2023.pdf>. [2]
- UN (2023), *Times of Crisis, Times of Change: Science for accelerating transformations to sustainable development*. [43]
- UNEP (2020), *Handbook for the Montreal Protocol on Substances that Deplete the Ozone Layer*. [180]

- UNESCO (2021), *UNESCO Recommendation on Open Science*, UNESCO, [184]
<https://doi.org/10.54677/mnmh8546>.
- UNFCCC (2022), *What is the triple planetary crisis?*, <https://unfccc.int/news/what-is-the-triple-planetary-crisis>. [198]
- Uyarra, E. et al. (2020), "Public procurement, innovation and industrial policy: Rationales, roles, capabilities and implementation", *Research Policy*, Vol. 49/1, p. 103844, [27]
<https://doi.org/10.1016/j.respol.2019.103844>.
- Varadarajan, S., J. Koh and B. Daniel (2023), "A systematic review of the opportunities and challenges of micro-credentials for multiple stakeholders: learners, employers, higher education institutions and government", *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, Vol. 20/1, <https://doi.org/10.1186/s41239-023-00381-x>. [112]
- Victor, D., F. Geels and S. Sharpe (2019), *Accelerating the low carbon transition: The case for stronger, more targeted and coordinated international action*, <https://www.energy-transitions.org/publications/accelerating-the-low-carbon-transition/> (accessed on 11 September 2023). [31]
- Wilkinson, M. et al. (2016), "The FAIR Guiding Principles for scientific data management and stewardship", *Scientific Data*, Vol. 3/1, <https://doi.org/10.1038/sdata.2016.18>. [158]
- Winickoff, D. et al. (2021), *Collaborative Platforms for Emerging Technology: Creating Convergence Spaces*, <https://www.oecd-ilibrary.org/docserver/ed1e030d-en.pdf?expires=1695903234&id=id&accname=ocid84004878&checksum=04B0B4E37A10BF1341463AD27D472CE6> (accessed on 28 September 2023). [95]

Annexe : Composition du comité consultatif et du groupe de pilotage de la politique scientifique et technologique 2025

Tableau A.1. Membres du comité consultatif de la politique scientifique et technologique 2025

Pays	Nom	Affiliation
AUT	Matthias Weber	Chef du Centre pour les systèmes et la politique d'innovation, AIT Institut autrichien de technologie GmbH
BEL	Michel Goldman	Fondateur de l'Institut pour l'innovation interdisciplinaire dans les soins de santé (I3h) à l'Université libre de Bruxelles ; rédacteur en chef de <i>Frontiers in Medicine</i>
CAD	Catherine Beaudry	Professeur titulaire, Département de génie mathématique et industriel, Polytechnique Montréal ; Chaire de recherche du Canada en gestion et économie de l'innovation ; Directeur, Partenariat pour l'organisation de l'innovation et des nouvelles technologies (4POINT0)
CAD	James Meadowcroft	Professeur du chancelier, département de sciences politiques et école de politique et d'administration publiques, université de Carleton ; directeur de recherche, Transition Accelerator
CHL	Alexis M. Kalergis	Professeur titulaire et directeur de l'Institut d'immunologie et d'immunothérapie du millénaire, Pontificia Universidad Católica de Chile
FIN	Paula Kivimaa	Professeur de recherche, Climat et société et Académie de Finlande ; chargé de recherche, Institut finlandais de l'environnement SYKE, Programme sur le changement climatique ; chargé de recherche principal, Unité de recherche sur la politique scientifique, Université du Sussex
ITA	Alessandra Faggian	Professeur d'économie appliquée, directeur des sciences sociales et vice-proviseur pour la recherche à l'Institut scientifique du Gran Sasso
JPN	Mitsunobu Kano	Professeur et directeur exécutif adjoint de l'école supérieure de sciences et d'ingénierie interdisciplinaires des systèmes de santé de l'université d'Okayama
KOR	Myong Hwa Lee	Chargé de recherche et chef du bureau national de recherche en R&D à l'Institut de politique scientifique et technologique
NLD	Marko Hekkert	Professeur titulaire de dynamique des systèmes d'innovation à l'université d'Utrecht, directeur de l'institut Copernicus pour le développement durable.
POL	Anna Visvizi	Professeur associé, chef du département d'économie politique internationale, SGH Warsaw School of Economics
SWE	Sylvia Schwaag Serger	Professeur de politique de recherche à l'école d'économie et de gestion de l'université de Lund, membre du Conseil de l'innovation du Premier ministre suédois
ÉTATS-UNIS	David Guston	Professeur de la Fondation ; directeur de l'école pour l'avenir de l'innovation dans la société ; vice-directeur associé pour la découverte, l'engagement et les résultats, laboratoire de l'avenir global, Arizona State

Tableau A.2. Composition du groupe de pilotage "Politique scientifique et technologique 2025

Pays	Nom	Affiliation
AUT	Christian Naczinsky	Chef de département, Politique de recherche de l'UE et de l'OCDE, Ministère de l'éducation, de la science et de la recherche
CAD	Daniel Dufour	Directeur général, Ressources naturelles Canada
CHE	Patrick Vock	Coordinateur pour les affaires multilatérales, Secrétariat d'État à l'éducation, à la recherche et à l'innovation
CE	Alexandr Hobza	Économiste en chef, directeur général de la recherche et de l'innovation, Commission européenne
ESP	Cecilia Cabello-Valdes	Chargé de mission, Directeur général de la recherche et de l'innovation, Commission européenne
FIN	Kirsti Vilen	Conseiller ministériel, ministère des affaires économiques et de l'emploi
FRA	Patrick Monfray	Directeur de recherche émérite, Institut Pierre Simon Laplace
GBR	Amanda Collis	Directeur exécutif de la stratégie de recherche, UK Research and Innovation
JPN	Hidetoshi Kotera	Professeur émérite, Université de Kyoto, et conseiller technique auprès du Bureau de la politique scientifique et technologique, Ministère de l'éducation, de la culture, des sports, de la science et de la technologie.
KOR	Yongsuk Jang	Chercheur principal, Institut de politique scientifique et technologique
EPR	Luis Melo	Professeur, Département de physique, Université technique de Lisbonne, Portugal
SWE	Göran Marklund	Directeur général adjoint et chef de la division du développement opérationnel, VINNOVA

Notes de fin d'ouvrage

¹ L'analyse suggère que la pandémie de COVID-19 a permis la plus forte croissance de l'inégalité des revenus entre les pays depuis trente ans. De 2019 à 2020, elle devrait augmenter de 4,4 %, alors que les prévisions d'avant la pandémie annonçaient une baisse de 0,8 %.

² Ces phénomènes font partie d'une série de mégatendances qui ont un impact sur les sociétés, notamment le vieillissement des populations, le ralentissement de la productivité, la dégradation croissante de l'environnement et la polarisation politique et culturelle de plus en plus marquée dans de nombreuses sociétés.

³ La triple crise planétaire fait référence aux menaces interdépendantes posées par le changement climatique, la pollution et la perte de biodiversité. (UNFCCC, 2022^[198]). Voir d'autres travaux connexes de l'OCDE, tels que les publications élaborées dans le cadre du projet sur l'utilisation efficace des ressources et l'économie circulaire (RE-CIRCLE) (<https://www.oecd.org/environment/waste/recircle.htm>), le projet horizontal sur la résilience climatique et économique (NET Zero+) (<https://www.oecd.org/climate-change/net-zero-resilience/>) et la table ronde de l'OCDE sur le financement de l'eau (<https://www.oecd.org/water/roundtable-on-financing-water.htm>), entre autres. En outre, l'organisation gère plusieurs bases de données, telles que le Programme international d'action sur le climat (IPAC) (<https://www.oecd.org/climate-action/ipac/>).

⁴ Les définitions du changement transformateur font référence à "un changement qualitatif radical et permanent dans le sujet transformé, de sorte que le sujet une fois transformé a des propriétés très différentes et se comporte ou fonctionne d'une manière différente" (HM Treasury, 2022, p. 122^[68]); et "un changement majeur dans la structure de l'économie provoqué par des efforts politiques délibérés visant à soutenir des objectifs environnementaux, sociaux, économiques ou autres spécifiques à long terme, ou en réponse au changement climatique et à d'autres tendances pertinentes à long terme" (Ministry of Business, Innovation & Employment, 2023, p. 1^[201]). Dans ce programme porteur de transformations, le concept de transformation est utilisé comme un terme générique pour désigner le changement qui implique la reconfiguration d'un système afin qu'il se comporte d'une manière qualitativement différente (HM Treasury, 2022^[68]). Il s'agit d'un processus de changement structurel impliquant des modifications des éléments constitutifs d'un système et du modèle d'interactions entre eux. Il se distingue du changement progressif, qui se limite à des ajustements au sein d'un système qui ne modifient pas fondamentalement son essence ou son intégrité (Schumer et al., 2022^[66]). Les sociétés et les économies ont connu de nombreuses transformations antérieures, par exemple le passage des bateaux à voile aux bateaux à vapeur, des usines traditionnelles à la production de masse, et des voitures tirées par des chevaux aux automobiles (Geels and Schot, 2007^[200]).

⁵ Des décennies d'investissement dans la recherche fondamentale sur l'ARNm ont largement facilité le développement et le déploiement rapides de vaccins à base d'ARNm au cours de la réponse à la pandémie COVID-19. (Dolgin, 2021^[175]). En outre, les plateformes de vaccins à ARNm s'appuient sur des technologies vaccinales établies et ont le potentiel d'accélérer les processus de développement et de fabrication sans compromettre la sécurité (Pardi et al., 2018^[176]).

⁶ De nombreux instruments de la politique STI sont impliqués dans la phase de retrait, mais c'est souvent dû au fait qu'ils sont retirés pour ne plus soutenir les technologies et les activités nocives.

⁷ Le "*Cadre pour la gouvernance anticipée des technologies émergentes*" de l'OCDE (OECD, 2024^[29]) les décrit comme des "valeurs fondamentales" et donne les exemples suivants : Le **respect des droits de l'homme**, y compris la protection de la dignité humaine et des libertés fondamentales telles que la liberté de pensée, le droit à la vie privée et l'autonomie ; la promotion des **valeurs démocratiques**, y compris l'État de droit, l'égalité devant la loi, la représentation et la participation à la vie et au débat publics, la responsabilité, la justice procédurale et l'intérêt public ; Encourager **l'équité et l'inclusion**, en reconnaissant la diversité et l'accessibilité sous ses nombreuses formes, en garantissant un traitement équitable et la pleine participation des individus ou des groupes vulnérables et/ou historiquement exclus ou marginalisés, et en assurant un accès équitable aux bénéfices de l'innovation. Elle doit être comprise à la fois en termes de résultats, c'est-à-dire en s'efforçant d'assurer la disponibilité de la technologie, et de processus, c'est-à-dire en élargissant la participation au développement technologique. Voir OCDE (2024^[29]).

⁸ Par exemple, les solutions fondées sur la nature aident à relever les défis sociétaux par des actions qui protègent, restaurent et gèrent de manière proactive les écosystèmes naturels de façon durable. Ces activités ont pour double objectif de bénéficier à la fois à l'environnement naturel et au bien-être humain (IUCN, 2020^[190]). Le concept est apparu en réponse à la Convention-cadre des Nations unies sur les changements climatiques (CCNUCC) afin de faciliter la capacité de la communauté de la conservation à contribuer aux grands défis mondiaux, tels que la sécurité alimentaire et la réduction des risques de catastrophe (IUCN, 2012^[188]). Suite aux diverses applications du terme, l'Union internationale pour la conservation de la nature a introduit la Norme mondiale de l'UICN pour les solutions fondées sur la nature afin d'éviter les abus et la perte de confiance des parties prenantes, et de soutenir le développement de projets ambitieux et efficaces (IUCN, 2020^[189]).

⁹ Cette dynamique est familière aux praticiens de la politique STI, puisque les progrès et la diffusion des nouvelles technologies suivent des courbes en forme de S similaires, caractérisées par l'apprentissage par la pratique, des rendements d'échelle croissants, des dépendances de sentier et des rendements décroissants, entre autres dynamiques.

¹⁰ La transition des modes de fonctionnement établis est souvent entravée par la politique et une dynamique de pouvoir inégale. Les parties prenantes dominantes ont généralement des intérêts directs dans le maintien des industries, des technologies et des pratiques établies et sont souvent en mesure d'influencer les conditions structurelles, par exemple la réglementation, ou de masquer les coûts totaux du statu quo (Johnstone, Stirling and Sovacool, 2017^[164]). Dans le même temps, le domaine politique est également un site important pour le discours civil et un moyen pour le public d'influencer les questions et les idées qui sont adoptées et institutionnalisées et celles qui sont rejetées (Meadowcroft, 2009^[163]).

¹¹ L'adoption du protocole de Montréal relatif à des substances qui appauvrissent la couche d'ozone est un exemple bien connu d'efforts internationaux visant à éliminer progressivement les technologies et les pratiques nocives. Alors que la signature du traité en 1987 marque la rupture formelle et l'élimination progressive des modes de fonctionnement établis, il est aujourd'hui reconnu que la déstabilisation a d'abord été précipitée par une série de découvertes scientifiques, à partir de 1974 (Dugard, 1997^[179]). En outre, les efforts d'élimination progressive se sont poursuivis et ont été élargis depuis l'entrée en vigueur du traité, tout récemment en 2016 avec l'amendement de Kigali, qui vise à réduire l'utilisation des hydrofluorocarbones (UNEP, 2020^[180]).

¹² Par exemple, les politiques STI pourraient également explorer les possibilités de fixer des "postériorités", c'est-à-dire des activités de recherche et de technologie qui seraient identifiées pour recevoir un soutien réduit en raison de leur contribution aux problèmes mondiaux.

¹³ L'histoire regorge d'exemples de transitions sociotechniques qui ont commencé par des innovations technologiques perturbatrices dans des niches et qui ont progressé en cascade, en passant par des points de basculement, pour aboutir à une transformation de l'ensemble de la société. Il s'agit notamment du passage du transport routier hippomobile au transport routier motorisé, de l'électrification, de la mise en place de systèmes d'égouts et d'approvisionnement en eau, et de l'émergence du commerce numérique (Meadowcroft and Rosenbloom, 2023^[39]). Parmi les exemples plus récents et largement cités, citons la décarbonisation rapide du secteur de l'électricité au Royaume-Uni et l'adoption généralisée des véhicules électriques en Norvège. Dans les deux cas, un ensemble de mesures, notamment le financement de la R&D, l'investissement dans les technologies propres et les réformes réglementaires du marché, ont jeté les bases qui ont permis au système d'atteindre un "état critique" pour que la tarification du carbone (et d'autres taxes et subventions) déclenche des points de basculement. (EEIST, 2022^[126]). Les politiques publiques ont donc créé l'étincelle nécessaire au déclenchement de points de basculement positifs et les conditions pour qu'ils se répercutent en cascade sur les systèmes sociotechniques (Systemiq, University of Exeter and Bezos Earth Foundation, 2023^[42]).

¹⁴ Par exemple, dans son rapport spécial sur l'innovation en matière d'énergie propre, l'AIE décrit quatre piliers - l'impulsion des ressources, la gestion des connaissances, l'impulsion du marché et le soutien sociopolitique - et les leviers politiques correspondants pour faciliter la traduction de la recherche en changements technologiques dans le système énergétique. (IEA, 2020^[178]).

¹⁵ Par exemple, la Recommandation de l'OCDE de 2021 pour une gouvernance réglementaire agile reconnaît la nécessité de modèles de gouvernance plus holistiques, inclusifs, adaptatifs et coordonnés pour renforcer la résilience systémique (OECD, 2021^[118]).

¹⁶ L'investissement direct étranger (IDE) peut générer des retombées de connaissances et de technologies qui favorisent les transformations des économies locales. Les indicateurs de qualité de l'IDE de l'OCDE montrent que les secteurs recevant davantage d'IDE tendent à avoir des niveaux d'intensité de R&D plus élevés et que les entreprises à capitaux étrangers sont en moyenne plus innovantes et à plus forte intensité technologique que leurs homologues nationales. (OECD, 2022^[165]).

¹⁷ Les organismes de financement opérant dans des domaines de recherche couramment impliqués dans la réponse aux crises ont eu recours à des approches en entonnoir où les projets de priorités sont éclairés par une analyse de l'environnement, des structures de conseil scientifique nationales et internationales, et une sensibilisation ciblée à travers les domaines politiques et les autres agences de financement. (OECD, 2023^[72]). Les domaines de recherche peuvent ensuite être classés par ordre de priorité en fonction des financements antérieurs et des besoins actuels, de la pertinence des politiques, des lacunes de la recherche, de la validité scientifique et du retour d'information de la communauté de recherche au sens large.

¹⁸ La Déclaration sur l'évaluation de la recherche (DORA) a été établie en 2012 et a, depuis, stimulé un mouvement de réforme des pratiques d'évaluation de la recherche. (DORA, n.d.^[177]). À certains égards, la réponse à la pandémie de COVID-19 a relancé ces efforts en appelant les institutions à redéfinir les attentes en matière de productivité scientifique et à garantir l'évolution transparente des cadres d'évaluation.

¹⁹ L'OCDE (2021^[76]) définit la recherche à haut risque et à haut rendement comme une recherche qui 1) s'efforce de comprendre ou de soutenir des solutions à des défis scientifiques, technologiques ou sociétaux ambitieux ; 2) s'efforce de dépasser les paradigmes scientifiques, technologiques ou sociétaux de manière révolutionnaire ; 3) implique un degré élevé de nouveauté ; et 4) comporte un risque élevé de ne pas réaliser toute son ambition ainsi qu'un potentiel d'impact élevé et transformationnel sur un défi scientifique, technologique ou sociétal.

²⁰ Les politiques de titularisation, de promotion et d'avancement des instituts de recherche comptent parmi les principaux facteurs qui favorisent le conservatisme dans la recherche. Le système actuel incite fortement les chercheurs, en particulier les chercheurs en début de carrière, à faire preuve de conservatisme dans leurs recherches afin d'être plus sûrs d'obtenir les publications sur lesquelles ils seront évalués. La promotion de la recherche à haut risque et à haut rendement nécessite un changement dans les politiques de ressources humaines des instituts de recherche et, plus généralement, dans l'évaluation de la recherche. (OECD, 2021^[76]).

²¹ Les gouvernements pourraient également réorienter une partie de leurs crédits d'impôt pour la R&D vers des activités plus écologiques. Il existe différentes façons d'anticiper et d'adapter les crédits d'impôt à la multiplication des menaces systémiques (par exemple, le captage, l'utilisation et le stockage du carbone, le chargement des véhicules électriques, l'hydrogène) et l'investissement dans de nouvelles machines ou de nouveaux équipements à faible émission de carbone. (Beck, 2020^[194])

²² L'AIE estime qu'un financement public d'au moins 90 milliards de dollars doit être mobilisé d'ici 2026 pour compléter un portefeuille de projets de démonstration de technologies qui pourraient être commercialement prêtes d'ici 2030 et contribuer à atteindre des émissions nettes nulles d'ici le milieu du siècle. (IEA, 2022^[174]).

²³ Par exemple, dans la transition verte, les défis pour les investisseurs privés comprennent une rentabilité insuffisante par rapport à des investissements présentant des profils de risque similaires ; la difficulté d'évaluer les risques en raison des asymétries d'information entre les innovateurs et les investisseurs ; la méconnaissance et l'incertitude des priorités et des réglementations gouvernementales ; et les difficultés à respecter les exigences en matière de "taux de rendement interne" ou les seuils de "rendement des capitaux propres". Ces imperfections des marchés de capitaux limitent le montant des capitaux privés disponibles pour les technologies à faible émission de carbone (Cervantes et al., 2023^[70]).

²⁴ Bien que les capacités organisationnelles ou dynamiques ne fassent pas l'objet d'une définition universellement acceptée, dans ce contexte, elles peuvent être considérées comme faisant référence aux routines ou processus stratégiques susceptibles d'être mis en place dans une organisation pour améliorer sa capacité à "intégrer, construire et reconfigurer les compétences internes et externes pour faire face à des environnements en évolution rapide (Teece, Pisano and Shuen, 1997, p. 516^[182]) (Bleady, Ali and Ibrahim, 2018^[183]).

²⁵ Les micro-crédits représentent une innovation potentiellement perturbatrice dans le secteur de l'éducation. En tant que tel, il sera important pour le système STI de faire progresser la base de données sous-jacente au fur et à mesure que les expériences correspondantes seront déployées. Par exemple, on sait actuellement peu de choses sur la manière dont les programmes de micro-crédits peuvent avoir un impact sur les établissements d'enseignement supérieur et sur les rôles et responsabilités des différents acteurs, y compris les décideurs politiques, dans la détermination des critères et des normes de qualification.

²⁶ Cette action politique s'aligne sur la Déclaration de l'OCDE sur l'innovation dans le secteur public de 2019 et la développe. (OECD, 2019_[196]). La Déclaration a été introduite pour légitimer l'innovation en tant que fonction stratégique centrale du secteur public et pour fournir des recommandations afin d'aider les gouvernements et les décideurs politiques à adopter des approches plus délibérées de la gestion de l'innovation. Diverses pistes sont esquissées pour aider les organisations du secteur public dans cinq domaines prioritaires : adopter et renforcer l'innovation ; encourager tous les fonctionnaires à innover et leur donner les moyens de le faire ; cultiver de nouveaux partenariats et faire entendre des voix différentes ; soutenir l'exploration, l'itération et l'expérimentation ; et diffuser les enseignements et partager les pratiques.

²⁷ Pour des raisons pratiques, cette section se concentre principalement sur des facteurs plus tangibles, à savoir l'infrastructure, les normes et la réglementation, ainsi que les outils destinés à renforcer les marchés commerciaux et financiers. D'autres conditions structurelles, telles que la politique du travail et l'éthique, sont traitées dans d'autres domaines de la politique STI.

²⁸ La tarification du carbone est, en principe, un moyen de faire payer les pollueurs pour leurs émissions de gaz à effet de serre, par exemple au moyen d'une taxe sur le carbone ou d'un système de plafonnement et d'échange. La tarification du carbone modifie les coûts et avantages relatifs des technologies concurrentes, ce qui peut conduire au développement de nouvelles technologies et de nouveaux processus plus efficaces sur le plan énergétique et plus respectueux de l'environnement. Toutefois, les mesures telles que les taxes sur le carbone sont politiquement impopulaires et sont actuellement fixées à des niveaux non optimaux.

²⁹ Par exemple, des approches telles que l'évaluation des technologies et la prospective ont fait leurs preuves en fournissant aux décideurs des informations stratégiques sur les technologies émergentes. Elles fournissent des processus ouverts et inclusifs pour mieux aligner les trajectoires d'innovation et de réglementation sur les objectifs sociétaux, en tenant compte des aspects éthiques et sociétaux possibles ainsi que des impacts et des risques potentiels.

³⁰ Par exemple, les débats en cours sur l'utilisation de la "science pour la politique" appellent les scientifiques à devenir de meilleurs communicateurs et à considérer les décideurs politiques comme des utilisateurs finaux des connaissances scientifiques (Boswell and Smith, 2017_[192]) (Edler, Karaulova and Barker, 2022_[193]). Un autre exemple concerne l'utilisation limitée des résultats des évaluations dans l'élaboration des politiques (Amanatidou et al., 2014_[195]) ce qui peut entraver l'adaptation et la souplesse des politiques.

³¹ Les enquêtes internationales suggèrent que la confiance du public dans la science et les scientifiques a augmenté au cours de la pandémie de COVID-19. (Gallup, 2020_[168]). Toutefois, des données plus récentes par pays indiquent que dans certains cas, cette tendance s'est inversée et que la confiance est tombée en dessous des niveaux d'avant la pandémie (Pew Research Center, 2022_[170]) tandis que dans d'autres, les attitudes sont devenues plus polarisées (Fonseca et al., 2023_[171]). Lorsqu'ils sont comparés à la confiance du public dans d'autres acteurs importants, tels que les journalistes et les hommes politiques, les résultats pourraient indiquer une tendance sociétale plus large de déclin de la confiance du public dans les institutions (Ishmael-Perkins et al., 2023_[172]). Dans ce cas, les scientifiques et les professionnels de la santé restent parmi les acteurs les plus dignes de confiance (Environics Institute, 2023_[169]).

³² Les connaissances issues de la science du comportement peuvent être utiles au développement d'activités scientifiques citoyennes à plusieurs égards. Il s'agit notamment d'anticiper les effets

potentiellement involontaires de la conception des activités, de comprendre comment les inégalités structurelles peuvent contribuer aux variations des attentes des différents groupes de population, et d'aider les scientifiques et les participants du public à comprendre comment leurs expériences et leurs caractéristiques personnelles influencent leurs opinions sur des sujets spécifiques (Hallsworth, 2023^[187]).

³³ Par exemple, certaines initiatives d'agences conjointes combinent à la fois des instruments de stimulation technologique et de stimulation du marché pour soutenir les nouvelles solutions à tous les stades du processus d'innovation, par exemple en combinant des mécanismes de financement avec des marchés publics et l'élimination des obstacles juridiques afin de favoriser l'adoption sur le marché des nouvelles solutions par les utilisateurs. (Larrue, 2021^[26]).

³⁴ Les réformes de gouvernance à plusieurs niveaux sont généralement menées par les gouvernements centraux, mais elles peuvent également être partiellement conduites par les niveaux sous-nationaux. En conséquence, les réformes émergeant à d'autres niveaux de gouvernement doivent être comprises et gérées efficacement afin de tenir compte des dépendances mutuelles dans les relations (OECD, 2017^[191]).

³⁵ Par exemple, aux États-Unis, le programme Global Centers de la National Science Foundation soutient les partenariats entre les États-Unis et deux pays partenaires ou plus. Ce programme vise à soutenir la recherche multidisciplinaire qui ne peut être réalisée que par le développement de partenariats internationaux qui unissent des domaines d'expertise complémentaires et l'accès à des capacités et des ressources uniques. Les agences de financement participantes sont basées au Canada, au Japon, en Corée, en Finlande et au Royaume-Uni. (NSF, 2024^[197]).

³⁶ Les efforts de diplomatie mondiale sur le changement climatique remontent à 1992 avec la ratification de la Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques (CCNUCC). Cet accord a établi le forum annuel de la Conférence des Parties (COP) pour soutenir l'échange et la discussion au niveau mondial, produisant finalement le Protocole de Kyoto et l'Accord de Paris. (Maizland, 2023^[181]). Depuis la négociation de l'accord initial de Paris, bon nombre des 195 pays signataires ont renforcé leur engagement à réduire les émissions de gaz à effet de serre et à soutenir l'adaptation des économies émergentes et touchées de manière disproportionnée.

³⁷ Diverses initiatives internationales ont fait progresser le programme mondial de la science ouverte au cours des dernières années. Par exemple, en 2021, l'UNESCO a présenté sa recommandation sur la science ouverte, qui décrit sept domaines d'action allant de la promotion d'une compréhension commune de la science ouverte à l'amélioration de la coopération internationale et multipartite pour réduire les fossés numériques, technologiques et de connaissances. (UNESCO, 2021^[184]). En outre, OpenAIRE est en place depuis 2009 pour soutenir la mise en œuvre généralisée du libre accès en Europe (OpenAIRE, n.d.^[185]).

³⁸ La recommandation révisée de l'OCDE sur l'accès aux données de la recherche financée par des fonds publics identifie sept domaines clés, notamment la gouvernance des données, les normes et pratiques techniques, ainsi que les incitations et les récompenses. (OECD, 2021^[157]) (OECD, 2020^[173]) De même, la Recommandation de l'OCDE sur l'amélioration de l'accès aux données et de leur partage, qui a une portée plus large, énonce des principes généraux et des orientations politiques pour aider les gouvernements à maximiser les avantages de l'amélioration de l'accessibilité des données, tout en protégeant les droits des individus et des organisations. (OECD, 2019^[199]).

³⁹ L'OCDE conserve une collection de ces politiques dans le Compas STIP CE-OCDE, voir <https://stip.oecd.org/stip/research-security-portal>.

⁴⁰ Au cours de la dernière décennie, l'attention portée aux implications sécuritaires des investissements étrangers a atteint un niveau sans précédent, de nombreux gouvernements introduisant de nouvelles politiques ou adaptant les politiques existantes en réponse aux perturbations déclenchées par la pandémie de COVID-19 et la guerre d'agression de la Russie contre l'Ukraine (OECD, 2023^[186]). Dans de nombreux pays disposant d'instruments connexes, ces mécanismes couvrent de larges pans de l'économie ou, au minimum, plusieurs secteurs d'importance stratégique pour la compétitivité économique et/ou l'autonomie stratégique des systèmes socio-économiques. Par exemple, depuis le milieu des années 2000, on a assisté à une diversification et à un élargissement de l'objectif des politiques connexes pour inclure des secteurs tels que les infrastructures essentielles, les technologies de pointe, les infrastructures de santé et les biotechnologies. En outre, les mécanismes de sélection des investissements, qui requièrent l'examen de transactions spécifiques définies par des critères associés, sont devenus l'instrument le plus couramment utilisé pour gérer les risques liés aux investissements étrangers.

⁴¹ Il existe d'importantes boucles de rétroaction entre les normes et la réglementation, le commerce et l'investissement internationaux et l'innovation technologique. Les normes et certifications internationales peuvent être des catalyseurs essentiels du commerce et de l'investissement internationaux ; toutefois, un alignement national est nécessaire pour encourager une conduite responsable des entreprises et améliorer la réalisation de résultats équitables liés à la durabilité et à l'inclusion économique. (OECD, 2022^[165]). Dans le même temps, les opportunités offertes par le commerce, telles que l'accès à de nouveaux marchés ou chaînes d'approvisionnement et l'intensification de la concurrence nationale, sont essentielles à l'innovation (Blind, 2023^[167]).

⁴² Ces activités s'appuieront sur un projet pilote initial mené en 2024 avec la Thaïlande afin de tester et d'expérimenter le module d'orientation pour plusieurs domaines d'action en matière de STI.