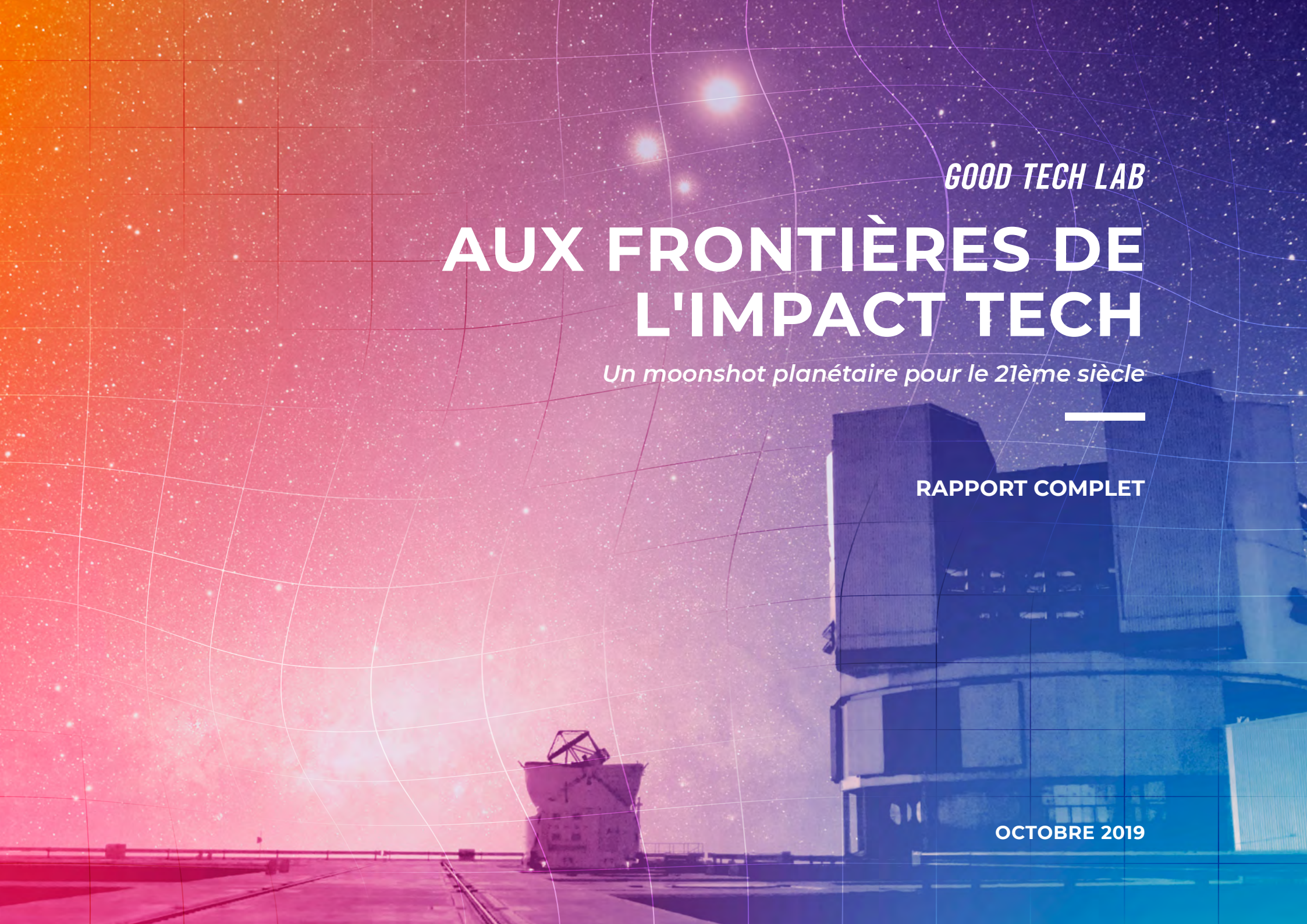
GOOD TECH LAB

AUX FRONTIÈRES DE L'IMPACT TECH

Un moonshot planétaire pour le 21ème siècle



RAPPORT COMPLET

OCTOBRE 2019

Remerciements

Ce rapport a été initié et réalisé par Good Tech Lab, un agence d'études et d'innovation, avec le soutien de Michelin, MAIF, la Fondation Autodesk, thecamp, Comic Relief et l'ADEME. Il a été rédigé par l'équipe de Good Tech Lab — Manuella Cunha Brito, Ludovic Sinet et Benjamin Tincq, sous la supervision éditoriale de ce dernier.

Il est destiné aux entrepreneurs, investisseurs, incubateurs, grands groupes, ainsi qu'aux acteurs académiques, publics et de la société civile, souhaitant appréhender le rôle de la science, des technologies, et de l'entrepreneuriat systémique dans la résolution des grands défis globaux. Nous espérons que ce rapport les inspirera à faire croître le mouvement Impac t Tech.

Cette étude s'appuie sur plus de 400 interviews d'innovateurs de plus de 30 pays sur les cinq continents, ainsi que 18 mois de recherches approfondies.

Notre travail n'aurait pas été possible sans les nombreuses contributions, la relecture et les commentaires de nos partenaires et réseau d'expert, ni sans le temps généreusement accordé par les interviewés. Toutes ces personnes remarquables sont citées dans l'Annexe des contributeurs qui clôture la version complète du rapport.

ÉQUIPE PROJET

Benjamin Tincq
Co-fondateur et directeur de publication

Manuella Cunha Brito
Co-fondatrice et coordinatrice

Ludovic Sinet
Chargé d'études technologiques

Luisa Rodrigues
Chargée de communication

CONTRIBUTEURS

Elise Leclerc
Marguerite Grandjean
Hydris Bessa

DESIGN GRAPHIQUE

Chani Rodriguez Lam
www.chanirodriguez.com

TRADUCTION FRANÇAISE

Léa Hartman
Ludovic Sinet
Benjamin Tincq

PARTENAIRES STRATÉGIQUES

EXPERTS COLLABORATEURS

PARTENAIRES ECOSYSTEME

GOOD TECH LAB

Good Tech Lab est une agence accompagnant les réponses technologiques et systèmiques au _moonshot_planétaire — restaurer le climat et les écosystèmes, en apportant le progrès pour tous.

http://goodtechlab.io
hello@goodtechlab.io

ISBN: 978-2-9568648-3-7

Front cover: ESO/Y.Beletsky
Chapter covers: NASA
Back cover: SpaceX
Traduit de l'anglais du rapport *The Frontiers of Impact Tech*, publié en juin 2019

CITATION RECOMMANDÉE

Tincq, B., Cunha Brito, M., & Sinet, L. (2019). *Aux Frontières de l'Impact Tech: un moonshot planétaire pour le 21ème siècle*. Paris: Good Tech Lab.

AVERTISSEMENT

Good Tech Lab est l'unique auteur de ce rapport. Les analyses et conclusions ne reflètent pas nécessairement les opinions des sponsors de cette étude. Nos sponsors ne garantissent pas l'exactitude des informations contenues dans cette publication et déclinent toute responsabilité quant aux conséquences de leur utilisation.

La mention de nombreuses entreprises dans ces pages ne constitue en aucun cas une recommandation d'investissement.

DROITS ET AUTORISATIONS

Cette œuvre est disponible sous la licence internationale Creative Commons Attribution - Pas d'Utilisation Commerciale 4.0 International (CC BY-NC 4.0).

Sous cette licence, vous êtes autorisés à partager le contenu (copier, distribuer et communiquer) ainsi qu'à l'adapter (remixer, transformer et créer à partir du contenu), selon les conditions suivantes :

- **Attribution**
  Vous devez créditer le présent contenu, intégrer un lien vers la licence et indiquer si des modifications ont été effectuées. Vous devez indiquer ces informations d'une manière appropriée, sans toutefois suggérer que le créateur initial (e.g. Good Tech Lab) vous soutient dans la façon dont vous avez utilisé le contenu.

- **Pas d'Utilisation Commerciale**
  Vous n'êtes pas autorisé à faire un usage commercial de tout ou partie de cette œuvre.

- **Pas de restrictions complémentaires**
  Vous n'êtes pas autorisé à appliquer des conditions légales ou des mesures techniques qui restreindraient légalement autrui à utiliser l'œuvre dans les conditions décrites par la licence.

01

INTRODUCTION : VISER LA LUNE 27

AVANT-PROPOS 5

RÉSUMÉ AUX DÉCIDEURS 6

02

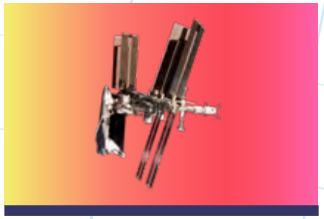
L'ÉMERGENCE DE L'IMPACT TECH 34

2.1 Impact Tech : Définition 36

2.2 Facteurs de croissance 42

2.3 Stratégies Impact Tech 49

2.4 Un Bond en Avant Pour le Développement International 61



03

IMPACT TECH ET OBJECTIFS DE DEVELOPPEMENT DURABLE 65

O1: Pas De Pauvreté 69

O2: Faim « Zéro » 74

O3: Bonne Santé Et Bien-Être 82

O4: Éducation De Qualité 88

O5: Égalité Entre Les Sexes 94

O6: Eau Propre Et Assainissement 98

O7: Énergie Propre Et D'un Coût Abordable 104

O8: Travail Décent Et Croissance Économique 113

O9: Industrie, Innovation Et Infrastructures 118

O10: Inégalités Réduites 125

O11: Villes Et Communautés Durables 130

012: Consommation Et Production Responsables 141

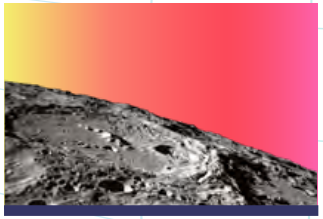
O13: Lutte Contre Les Changements Climatiques 148

O14: Vie Aquatique 158

O15: Vie Terrestre 165

O16: Paix, Justice Et Institutions Efficaces 171

O17: Partenariats Pour La Réalisation Des Objectifs 179

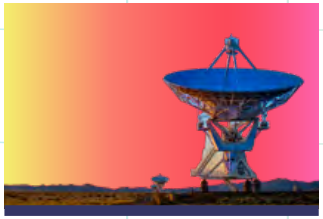


04

RISQUES ET ENJEUX TECHNOLOGIQUES 185

4.1 Risques Critiques 188

4.2 Causes Racines 203



05

LA GESTION D'IMPACT 212

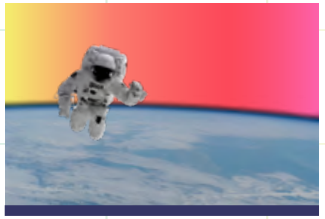
5.1 Une nouvelle Boussole 214

5.2 Stratégie d'Impact 217

5.3 Mesure d'Impact 224

5.4 Reporting d'Impact 231

5.5 L'Avenir Des Données d'Impact 233



06

CONCLUSION : 10 ANS POUR AGIR 235

REMERCIEMENTS 242

ENTRETIENS 243

BIBLIOGRAPHIE 247

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS

Au cours de la prochaine décennie, nous devons inverser le cours du réchauffement climatique et l'effondrement des écosystèmes naturels, tout en réalisant les Objectifs de développement durable pour que chacun s'épanouisse. En ces temps d'accélération technologique sans précédent, les outils à notre disposition pour relever ce défi n'ont jamais été aussi nombreux. Il nous faudra les utiliser à bon escient, en maximisant leur impact positif tout en anticipant les effets néfastes.

Ce rapport, premier opus d'une série de publications, constitue notre humble contribution à cette conversation. Nous y partageons nos observations sur la manière dont l'« Impact Tech » peut contribuer aux 17 Objectifs de développement durable fixés par l'ONU. Les volumes suivants exploreront la façon dont les investisseurs, incubateurs, entreprises et organisations internationales peuvent faire équipe avec les entrepreneurs Impact Tech.

Nous avons démarré cette exploration avec une équipe aux profils variés — ingénierie, développement international, écosystème *deeptech*, innovation sociale et numérique. Par ailleurs nous sommes fiers d'avoir reçu le soutien de sponsors visionnaires et l'appui de partenaires experts en leur domaine, connectés, et alignés avec nos valeurs.

Nous espérons que le contenu de ces pages vous inspirera autant qu'il l'a fait pour nous. Les frontières technologiques décrites dans ce rapport sont un nouvel horizon à dépasser — car seulement ainsi pourrons-nous espérer avoir toutes les cartes en main face à des problèmes qui, justement, ne connaissent aucune frontière.

Cette publication n'est que la première étape. Notre ambition est de faire émerger un nouveau modèle de coopération internationale reposant sur une innovation « à mission »; un programme Apollo capable de mobiliser talents et capitaux pour la réalisation d'un « *moonshot* » planétaire.

Le terme « Good Tech » de notre nom est un clin d'œil aux *10 Principes of Good Design* proposés dans les années 1970 par le célèbre designer industriel Dieter Rams. Il signifie que la technologie peut et doit être une force de progrès pour tous.

Aujourd'hui plus que jamais, nous sommes convaincus que la science, la technologie, l'entrepreneuriat à mission et la pensée systémique peuvent faire levier sur les plus grands défis auxquels fait face l'humanité.

Benjamin Tincq

Manuella Cunha Brito

Ludovic Sinet

RÉSUMÉ AUX DÉCIDEURS

50 ans après avoir marché sur la lune, l'humanité joue son avenir sur un nouveau « *moonshot* » — restaurer le climat et les écosystèmes tout en permettant à chacun de s'épanouir

La fenêtre d'opportunité se referme à vue d'œil, mais un sursaut reste possible. La science, la technologie et l'entrepreneuriat systémique offrent de puissants leviers pour relever ce défi sans précédent.

Le « *moonshot* » du XXIe siècle

Nous vivons dans l'Anthropocène, une époque à laquelle les activités humaines ont déjà franchi les limites planétaires. Selon les calculs du GIEC, nous aurons épuisé d'ici 2030 le budget carbone qui nous est alloué pour contenir le réchauffement climatique sous la barre des 1,5°C. Par ailleurs, un million d'espèces — une sur huit — sont menacées d'extinction à brève échéance, selon l'IPBES.

Le dérèglement climatique et l'effondrement de la biodiversité sont les deux facettes d'une même menace. Une menace existentielle pesant sur les systèmes dont dépendent notre alimentation, notre accès à l'eau potable, et un climat adapté à la vie humaine. Seul un véritable saut quantique pourra inverser cette trajectoire mortifère.

Pour maintenir le réchauffement sous les 2°C — idéalement 1,5°C — les émissions mondiales de CO2 doivent atteindre un pic en 2020 au plus tard, puis diminuer de moitié tous les 10 ans, pour atteindre la neutralité carbone en 2050. Cette trajectoire, c'est la « Loi Carbone ». Le terme fait référence à la Loi de Moore, qui a propulsé la révolution numérique en prédisant que la puissance informatique doublerait tous les deux ans.

Restaurer les cycles du carbone et les écosystèmes à une telle cadence nécessite des transformations rapides et de grande ampleur. Il est urgent de basculer vers une « nouvelle économie du carbone » : un système prospère absorbant plus de gaz à effet de serre qu'il n'en émet. Il est aussi crucial que l'économie circulaire change d'échelle pour éliminer la notion même de déchet, préserver les ressources et restaurer le capital naturel.

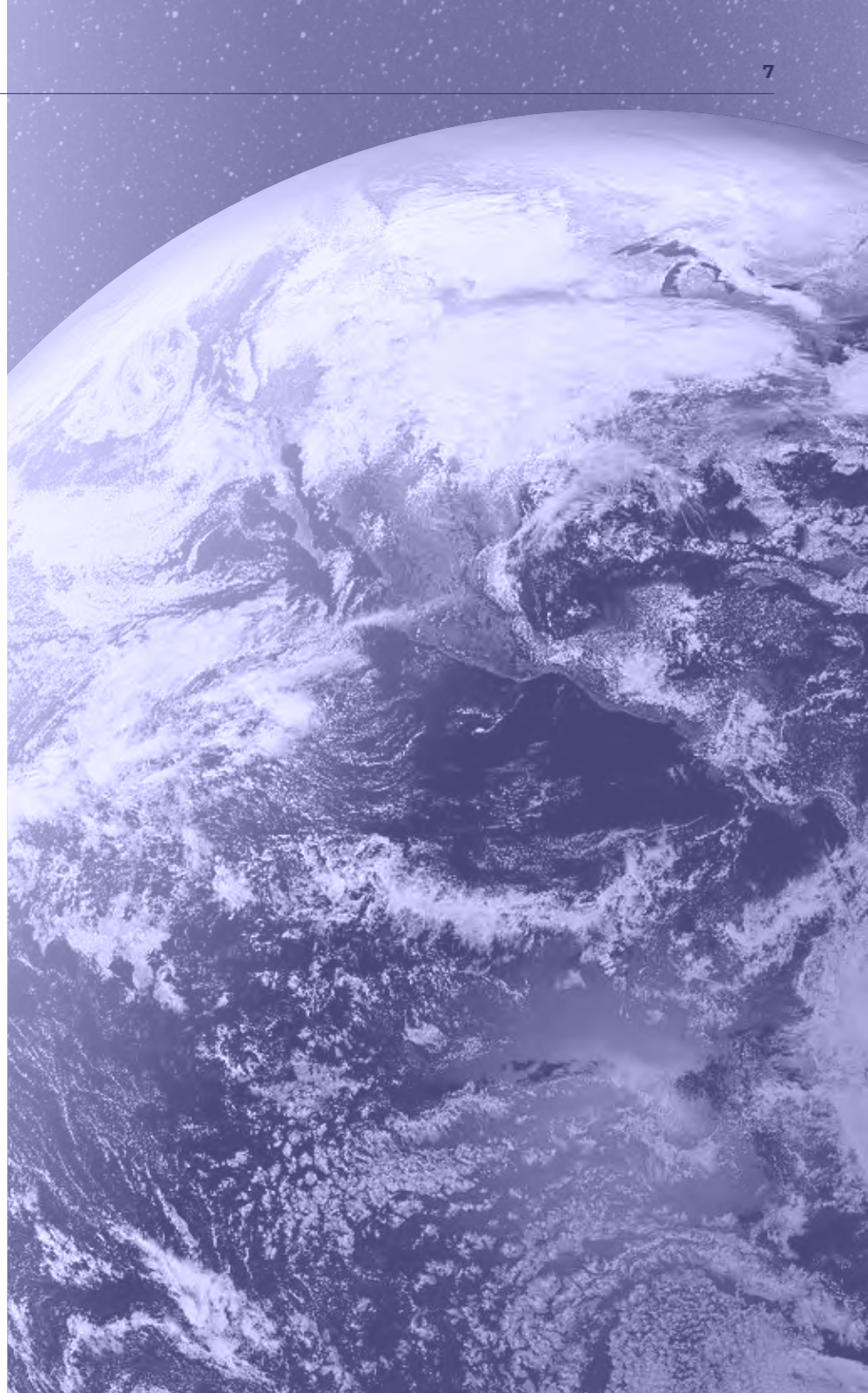
Cette révolution n'aboutira que si elle ne laisse personne pour compte. Chacun devrait avoir droit à un logement décent, une alimentation saine, une éducation et des soins de qualité. Avec une économie plus inclusive, il est possible de réduire les inégalités, d'éliminer la pauvreté et améliorer la qualité de vie, en ville comme en milieu rural. Ces enjeux figurent parmi les **17 Objectifs de développement durable** (ODD) fixés par l'ONU pour 2030. Poursuivis dans le cadre des limites planétaires, ces Objectifs mondiaux offrent un cadre holistique pour *« satisfaire les besoins de tous dans les limites de notre planète »*, suivant la formule de l'économiste Kate Raworth.

50 ans après les premiers pas de l'humanité sur la lune, le *moonshot* du XXIe siècle est d'inverser le cours du réchauffement climatique et l'effondrement des écosystèmes naturels, tout en permettant à chacun de s'épanouir.

L'effort à fournir est sans précédent, mais la récompense l'est tout autant — sur le plan social, environnemental, et économique. Eliminer 1000 gigatonnes de CO2 de l'atmosphère pourrait créer 45 000 milliards de dollars de richesses, selon les calculs de Project Drawdown. Les solutions aux ODD représenteraient, quant à elles, un marché annuel de 12 000 milliards de dollars et 380 millions d'emplois créés d'ici 2030, d'après le rapport *Better Business, Better World*.

Alors que le « *business as usual* » n'est plus une option, ces incitations économiques pourraient diriger l'innovation et les forces du marché dans la bonne direction. Pour les entreprises, l'enjeu est aujourd'hui de dépasser la seule « *responsabilité sociale* » — il s'agit de transformer le cœur de métier pour résister à l'épreuve du futur.

Par ailleurs, la science et la technologie offrent des leviers importants face aux urgences planétaires. Les outils à notre disposition n'ont jamais été aussi puissants : la révolution numérique transforme en profondeur la plupart des secteurs économiques, tandis que la « *quatrième révolution industrielle* » s'apprête à déferler. Cette dernière résulte de la convergence des « *deep technologies* » telles que l'intelligence artificielle, la biologie de synthèse, les nouveaux matériaux, la robotique, l'impression 3D, l'Internet des objets, les *blockchains*, les technologies avancées de production et de stockage énergétique, ou encore les technologies spatiales.



L’émergence de l’Impact Tech

Nous appelons Impact Tech l'usage intentionnel de la science et des technologies pour le bénéfice de l'humanité et de la planète. En croissance à travers le monde, ce secteur est porté par plusieurs facteurs : (1) la convergence des talents issus des secteurs technologiques, sociaux et environnementaux, (2) un sentiment d'urgence face aux grands défis planétaires, (3) les incitations économiques, (4) l'influence croissante des nouvelles générations, en tant que consommateurs, collaborateurs et investisseurs, (5) les possibilités ouvertes par les technologies émergentes.

L’Impact Tech pourrait jouer un rôle fondamental pour le *moonshot* planétaire. Une nouvelle génération d’entrepreneurs propose des solutions radicalement innovantes à ces grands défis — matériaux bio-sourcés, viande produite sans animaux, IA pour accélérer et améliorer le diagnostic médical, véhicules à zéro émission, observation satellite pour protéger les droits humains, ou encore l’inclusion financière grâce aux paiements mobiles.

Loin d’être uniforme, le mouvement Impact Tech recouvre diverses approches. Certaines peuvent sembler contradictoires, mais toutes s'avèrent complémentaires.

Tech-push vs demand-pull. Une innovation Impact Tech peut émerger de deux approches. Soit (1) une avancée technologique ouvrant de nouvelles applications, dont certaines offrent un potentiel d’impact positif, ou (2) une combinaison de technologies disponibles pour bâtir une solution à un problème social ou environnemental. Dans les deux cas, une compréhension approfondie des enjeux sociétaux est un facteur de réussite déterminant.

Causes racines vs symptômes. Si la résolution d’un problème sur le long-terme requiert de s’attaquer à ses causes racines, il ne faut pas négliger la nécessité d’en réduire les effets négatifs à court-terme. Par exemple, les technologies de dépollution et l'économie circulaire sont toutes deux nécessaires pour lutter contre la pollution au plastique des océans.

Impact profond vs impact à grande échelle. Un innovateur Impact Tech doit constamment jongler entre la profondeur (degré de changement) et l'échelle (nombre de personnes touchées) de l'impact positif visé. Par exemple, les mesures environnementales des grandes entreprises ont souvent une portée prodigieuse mais une profondeur limitée, tandis que l'opposé est courant pour les entreprises sociales. Il est ardu, mais pas impossible, de générer un impact à la fois profond et à grande échelle.

Innovation vs réplication. Les percées technologiques et les nouveaux *business models* peuvent jouer un rôle décisif dans la résolution des problèmes les plus inextricables. Cependant, l'innovation ne mérite pas de recevoir tous les éloges : les efforts de réplication des meilleures solutions en méritent tout autant. En mettant en avant 80 solutions climatiques, mais également 20 technologies prospectives qui pourraient changer la donne du problème, Project Drawdown offre un bon exemple de discours équilibré entre innovation et réplication.

Startup vs approche systémique. Les startups excellent dans la résolution de problèmes précis au moyen d'une technologie capable de passer à l'échelle, par exemple pour produire de l'eau potable plus efficacement. En revanche, les collaborations systémiques visent à impulser une dynamique entre de multiples parties prenantes afin que, collectivement, elles puissent s'attaquer à un problème inextricable tel que le réchauffement climatique et les inégalités. Les coordinateurs de ces initiatives, souvent appelés « entrepreneurs systémiques », peuvent être des entreprises, des ONG, ou encore des organisations internationales.

Low-tech vs deep-tech. Les basses technologies, ou *low-tech*, reposent sur des outils simples et frugaux en ressources. A l'inverse, les *deep-tech* repoussent les frontières des hautes technologies, dans des domaines comme l'IA et la biologie de synthèse. L'Impact Tech existe tout au long du spectre *low-deep-tech*, des concentrateurs solaires aux paiements mobiles, jusqu'aux matériaux biofabriqués. L'essentiel est de choisir judicieusement la technologie la plus appropriée à un contexte donné.

Plateformes vs applications. Une solution Impact Tech découle le plus souvent de l'usage d'une ou plusieurs technologies pour apporter une réponse directe à un enjeu sociétal. Cependant, ces applications reposent sur des « plateformes technologiques » telles qu'Internet, l'IA ou CRISPR. Notre capacité à répondre aux urgences planétaires dépendra probablement en partie de l'évolution des ces plateformes.

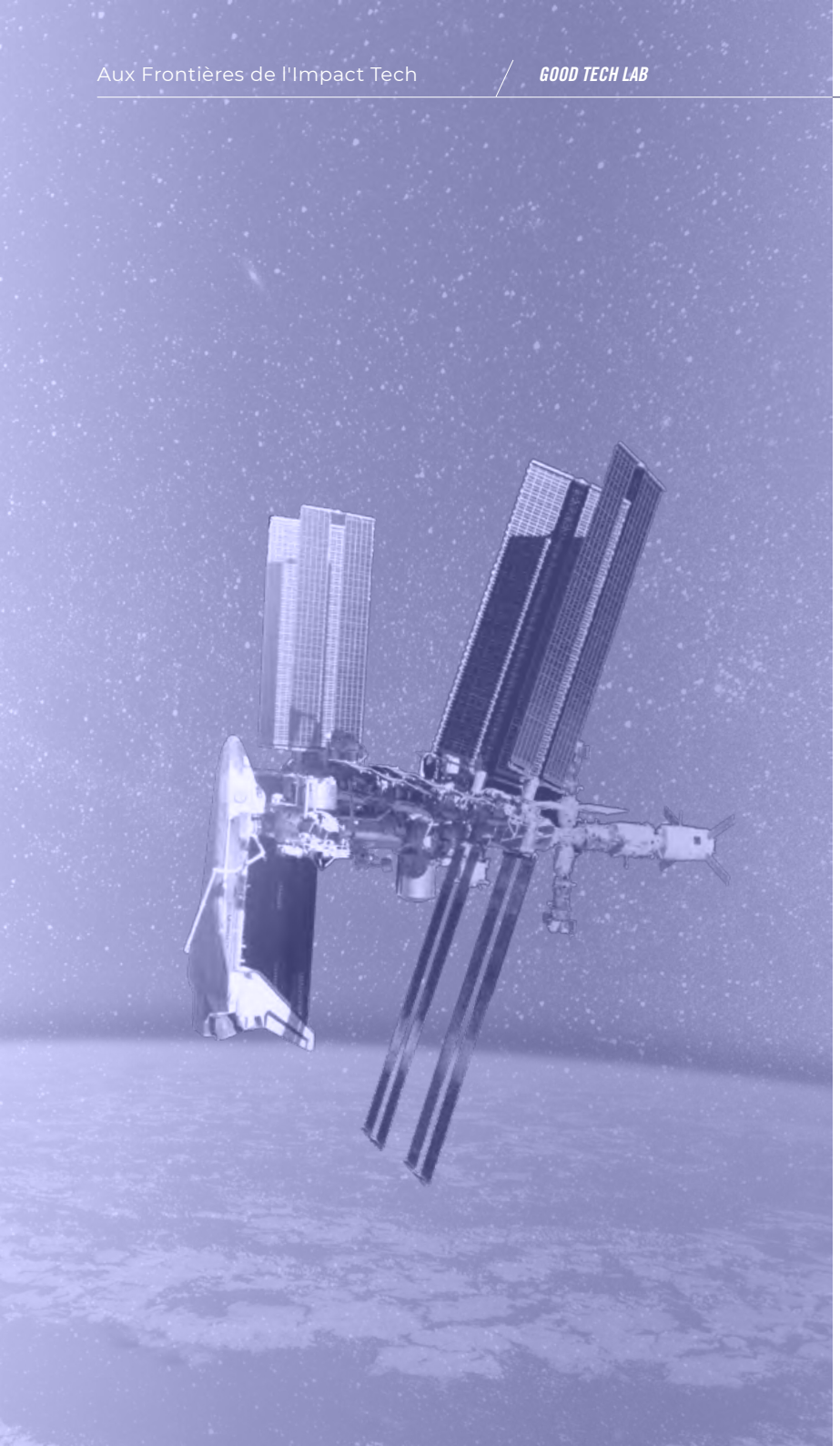
Impact vs Finances. Les entrepreneurs Impact Tech sont parfois confrontés à un dilemme : comment prioriser mission sociétale et retours financiers ? Plusieurs stratégies visent à équilibrer ces deux points : *un business model* où le profit est corrélé à l'impact positif ; la définition de « seuils planchers » pour l'impact et pour la rentabilité ; ou encore l'intégration de la mission dans les statuts juridiques de l'entreprise.

Un nouveau souffle pour le développement international ?

L'Impact Tech séduit les acteurs du développement international. Les agences de développement et organisations internationales ont accentué leurs investissements dans la technologie et l'innovation ces dernières années. Certaines ont même lancé des programmes spécialisés : les agences de coopération britannique, française, allemande et américaine, la Banque mondiale, ou encore plusieurs agences des Nations Unies. Par ailleurs, un nombre croissant d'entreprises technologiques, ou leurs fondateurs devenus philanthropes, s'impliquent dans le secteur — de la Fondation Gates à Airbnb, en passant par les nombreuses startups citées dans ce rapport.

Pour les entrepreneurs des pays du Sud, l'Impact Tech est une opportunité de répondre aux problèmes locaux par des solutions modernes, en réalisant des « bonds technologiques » — *ou leapfrogs*. Certains mettent en œuvre des *leapfrogs* bien connus, tels que les services mobiles permettant l'inclusion financière. D'autres innovent, en utilisant par exemple un cadastre numérisé avec une *blockchain* pour protéger les droits fonciers des petits producteurs, ou en livrant du matériel médical par drone. Comme évoqué plus haut, ces efforts génèrent d'important retours financiers en cas de réussite, laissant entrevoir un *leapfrog* du capitalisme vers un système où l'ambition entrepreneuriale est au service du bien commun.

Toutes ces pistes sont encourageantes pour le développement international, mais gare aux écueils. Il convient d'éviter le culte de l'innovation par le « gadget », ou de créer une dépendance excessive aux solutions numériques au détriment d'investissements de long-terme dans les infrastructures, la recherche et le développement des compétences. Il n'existe aucune solution miracle qui permettra d'atteindre les ODD : il faudra en mobiliser une multitude, au moyen de l'intelligence collective.



Impact Tech et Objectifs de développement durable

Les ODD offrent un cadre reconnu pour évaluer comment l'Impact Tech peut répondre aux grands enjeux mondiaux. La présente étude recense plus de 180 domaines d'innovation technologique autour des 17 ODD, illustrés par plusieurs centaines d'exemples : startups, entreprises sociales, ONGs, projets académiques, initiatives portées par des grands groupes ou le secteur public. Pour en faciliter la lecture, nous avons associé chaque thématique à une cible spécifique issue des ODD, même lorsque celle-ci pourrait contribuer à d'autres cibles, ou même plusieurs objectifs à la fois.

La synthèse ci-dessous résume les principales thématiques couvertes.

- **Les technologies mobiles pour l'inclusion financière :** paiement, crédit, monnaie locale, assurance maladie
- **Les registres numérisés renforçant les droits des populations démunies :** pour prouver leur identité, sécuriser leurs titres de propriété, ou encore partager leur adresse postale, même lorsque celle-ci n'est pas officiellement enregistrée
- **Les outils de réduction des risques de catastrophe** utilisant le machine learning, la cartographie par drone, ou les techniques de construction rapide par impression 3D

- **L'AgTech au service de l'agriculture durable :** agriculture de précision, data science pour l'agroécologie, robotique agricole, produits de substitution aux engrais et pesticides chimiques...
- **Les outils numériques pour les petits producteurs du Sud,** qui leur permettent d'analyser la santé des sols et des cultures, de mieux vendre leurs produits, d'échanger des informations avec d'autres paysans, ou encore d'avoir accès aux prévisions météorologiques, aux offres de crédits et aux assurances agricoles
- **Les nouvelles sources de protéines** pouvant nourrir 10 milliards de personnes durablement : viande de synthèse (d'origine végétale ou cellulaire), protéines d'insectes pour l'aquaculture, etc.
- **Les sciences alimentaires et la génomique** pour le développement d'ingrédients et de cultures à haute valeur nutritionnelle
- **Les technologies de conservation post-récolte**, pour réduire la part du gaspillage alimentaire se produisant avant la distribution

- **Les services de santé numérique** pour améliorer les soins préventifs, le suivi médical et la qualité de vie des patients, ou encore réduire la mortalité infantile
- **Les appareils médicaux et outils IA pour un diagnostic plus rapide, moins cher et non-intrusif** des maladies infectieuses (ex. le paludisme) et des maladies chroniques (ex. le cancer)
- **L'édition génomique appliquée à la médecine :** thérapies géniques améliorées, vaccins génomiques, forçage génétique (*gene drive*)
- **L'analyse de mégadonnées *(big data)* et l'apprentissage machine *(machine learning)*** pour les études épidémiologiques, la recherche médicale, et la médecine de précision
- **Diverses plateformes technologiques émergentes** telles que la médecine régénérative, les thérapies s'appuyant sur le microbiote, et la nanomédecine

- **Les outils numériques pour la salle de classe :** appareils, leçons multimédia, apprentissage et suivi personnalisé des élèves (avec un besoin tout particulier dans les pays en développement)
- **Les plateformes de formation permanente :** supports de cours mobiles, MOOCs, applications ludo-éducatives, programmes intensifs à distance, plateformes de mentorat
- **Les écoles alternatives et les *bootcamps*** de programmation
- **Les nouveaux supports d'apprentissage** tels que la réalité virtuelle, les serious games, les kits électroniques...

- **Les applications et appareils** permettant aux femmes de mieux sécuriser leurs déplacements en ville ou de signaler les délinquants sexuels plus efficacement
- **Les services et outils technologiques** aidant les femmes à mieux gérer leur santé reproductive et sexuelle
- **Les outils visant à réduire les inégalités de genre au travail,** en formant les femmes aux emplois de demain ou en aidant les professionnels des RH à améliorer la parité, réduire les biais de genre et les écarts de salaire

- **Les pompes, capteurs et générateurs** permettant de collecter l'eau douce à partir des aquifères et de l'air humide
- **Les technologies de purification d'eau :** filtration au point d'usage, dessalement, traitement « circulaire » des eaux usées permettant la récupération des ressources, systèmes de traitement décentralisés
- **Les toilettes sans eau** pour une meilleure hygiène (notamment dans lles régions en voie d'urbanisation et dépourvues de systèmes d'égouts), permettant en outre de produire de l'énergie et du compost
- **Les technologies, systèmes et procédés économes en eau** pour l'agriculture, l'industrie et les bâtiments
- **La gestion de l'approvisionnement en eau** par la détection télémétrique, l'imagerie satellite, ou le traçage

- **Les solutions d'accès à l'énergie** pour les populations rurales du Sud : énergie solaire avec paiement à l'usage *(pay-as-you-go)*, mini-réseaux électriques *(microgrids)* et fourneaux améliorés
- **Les énergies renouvelables avancées :** cellules photovoltaïques plus performantes, turbines éoliennes et marines améliorées, systèmes géothermiques optimisés, carburants durables (hydrogène propre, biomasse de nouvelle génération, combustibles solaires)
- **Les percées dans le stockage énergétique** pour véhicules électriques et l'équilibrage du réseau : batteries, ultra-condensateurs, *power-to-gas*, stockage thermique et stockage mécanique
- **Les réseaux intelligents et systèmes de périphérie de réseau** pour accroître l'efficacité énergétique et mobiliser au mieux les ressources énergétiques distribuées
- **La *FinTech* appliquée à l'énergie :** financement des infrastructures renouvelables, revente d'énergie en pair-à-pair

- **Les outils numériques pour l'emploi inclusif :** portails d'emplois inclusifs, logiciels de recrutement réduisant les biais
- **Les services améliorant l'employabilité des usagers :** formation et montée en compétences, *chatbots* et IA fournissant des conseils personnalisés aux demandeurs d'emploi
- **Les technologies pour la sécurité et le bien-être au travail :** cobots, exosquelettes et autres appareils destinés à réduire la pénibilité du travail physique, ou encore les assurances en ligne adaptées aux travailleurs indépendants
- **L'analyse de données pour prévenir la traite des êtres humains**

- **La logistique innovante pour le développement durable :** porte-conteneurs propres, transport par dirigeable, livraison de fournitures médicales par drone
- **Les technologies d'accès à Internet** pour connecter les 50% restants de l'humanité : infrastructure aérienne (ballons, drones, satellites) et innovations pour le dernier kilomètre de réseau
- **Les technologies avancées pour l'industrie durable :** fabrication additive, biofabrication, IA pour la science des matériaux, recyclage en circuit court, usines flexibles et circulaires
- **L'analyse de données pour faciliter le financement de PME** dans les marchés émergents

- **Les technologies d'assistance** pour les personnes en situation de handicap : sous-titres et audio-description en temps réel, véhicules innovants pour les PMR, prothèses sur mesure et abordables
- **Les outils numériques pour populations déplacées :** information, éducation, emploi, santé, inclusion sociale, envois de fonds
- **Les initiatives permettant une meilleure redistribution des richesses liées au numérique :** programmes d'acculturation au numérique, structures de propriété coopérative ou décentralisée visant à partager les gains de l'économie numérique

- **Les systèmes de transport durables** au croisement entre véhicules électriques et autonomes, services de mobilité à la demande, intégration avec les transports publics…
- **Les outils de suivi et d'atténuation de la pollution atmosphérique :** réseaux de capteurs permettant un suivi hyperlocal, purificateurs d'air urbain à grande échelle…
- **L'amélioration du métabolisme urbain :** traitement circulaire des déchets et ressources organiques, agriculture locale, efficacité énergétique et hydrique, technologies avancées de recyclage et autres systèmes de l'économie circulaire
- **Les outils numériques de planification urbaine :** plateformes de participation citoyenne locale, de gestion des données urbaines, ou encore de simulation avancée
- **Les infrastructures et services de base pour zones urbaines en forte croissance,** notamment les bidonvilles

- **Les solutions numériques pour la réduction du gaspillage alimentaire** chez les commerçants, restaurateurs et consommateurs : plateformes de redistribution des invendus alimentaires, IA pour l'optimisation des achats et la tarification dynamique des produits
- **Les produits conçus pour une durée de vie plus longue** via le réemploi, la réparation et la mise à niveau
- **Les matériaux durables et la chimie verte :** biosourcés, produits à partir de gaz à effet de serre capturés ou de déchets recyclés, ou encore des matériaux avancés plus robustes
- **Les outils numériques pour le commerce durable :** circuits courts en ligne, plateformes d'évaluation environnementale des produits, registres *blockchain* certifiant les produits éthiques
- **La FinTech pour la consommation responsable :** néobanques éthiques, plateformes d'investissement à impact pour les particuliers, monnaies locales numérisées, financement participatif citoyen

Réduction des émissions (voir aussi les ODD 2, 7, 9, 11, 12)

- **L'énergie décarbonée :** remplacer les carburants fossiles par les énergies propres, développer le stockage et la flexibilité du réseau, réduire les émissions des centrales fossiles existantes
- **L'agriculture décarbonée :** réduction du gaspillage alimentaire, baisse de la part des produits d'origine animale dans l'alimentation, adoption de pratiques d'agriculture régénératrice
- **L'industrie décarbonée :** économie circulaire à grande échelle, substitution des matières premières d'origine fossile par des alternatives durables, amélioration de l'efficience des procédés industriels, arrêt rapide des réfrigérants HFC
- **Les transports décarbonés :** déploiement en masse des véhicules électriques, des carburants à faible émissions et de la mobilité servicielle, optimisation des flux logistiques, forte réduction des émissions du transport aérien
- **Les bâtiments décarbonés :** efficacité énergétique, amélioration de la compétitivité des matériaux de construction à faible émissions, et réduction de la demande de nouveaux bâtiments

Émissions négatives (création et dopage de puits de carbone)

- **Les puits de carbone artificiels :** altération forcée *(enhanced weathering)* pour stocker le CO2 sous forme minérale, capture directe du carbone atmosphérique *(direct air capture)*, capture et réutilisation *(carbon capture and use)* pour synthétiser de nouveaux produits (matériaux de construction, carburants, produits chimiques, plastiques, protéines, fibres de carbone, nanomatériaux…)
- **Les puits de carbone naturels et hybrides :** séquestration dans les sols agricoles *(carbon farming)*, biochar, restauration des écosystèmes naturels riches en carbone… D'autres propositions, telles que la fertilisation des océans ou la bioénergie avec capture et stockage du carbone, présentent à l'heure actuelle des risques environnementaux souvent jugés trop importants

Stratégies transversales

- **Les outils numériques pour l'action climatique :** analyse de données pour les stratégies climatiques, *blockchains* pour sécuriser les marchés de crédits carbone
- **Les technologies d'adaptation au réchauffement climatique,** en particulier pour l'agriculture, les villes et les îles à faible altitude

- **Les technologies de dépollution marine,** notamment pour retirer le plastique des océans, lacs et cours d'eau
- **La prévention de la pollution plastique dans les océans** grâce aux matériaux biodégradables en milieu marin, aux systèmes de recyclage numérisés et à l'économie circulaire en général
- **Les outils de protection de la biodiversité marine :** satellites et IA pour la surveillance des pêcheries, usage de drones et robots aquatiques pour étudier les menaces pesant sur la vie marine (espèces envahissantes, pollution, acidification des océans, etc.)
- **La restauration des écosystèmes côtiers :** renforcement des coraux par le génie génétique, restauration par drone des mangroves
- **Les produits de la mer durables** permis par des technologies de traçabilité (notamment *blockchains*), l'aquaculture durable, ou la chair de poisson artificielle (de base végétale ou cellulaire)

- **L'observation des écosystèmes terrestres et de la faune sauvage** grâce à l'imagerie satellite, aux drones, à la télédétection (capteurs), aux algorithmes de *machine learning*, aux dispositifs d'analyse ADN, ou via des applications de sciences citoyennes
- **La bioinformatique appliquée aux sciences de conservation :** outils de modélisation et d'analyse des sols, plateformes de données géospatiales, bases de données génomiques
- **Les technologies de reboisement et de reverdissement,** depuis les innovations *low-tech* en agroécologie, jusqu'à l'utilisation de drones et d'algorithmes pour la reforestation à grande échelle
- **La *FinTech* de conservation :** plateformes d'investissement à impact, *crypto-tokens*, etc.

- **Les données et les algorithmes pour la paix et la justice :** outils de prédiction de la criminalité, systèmes d'alerte précoce pour la protection des civils durant les conflits, outils facilitant les enquêtes sur les violations des droits de l'homme
- **Les appareils de déminage à distance :** drones notamment
- **Les solutions *GovTech*** pour améliorer la qualité des services publics et lutter contre la corruption dans les marchés publics
- **Les plateformes *Civic Tech*** améliorant la transparence et la responsabilité des institutions et renforçant la participation citoyenne
- **Le *fact-checking* automatisé** pour lutter contre les *fake news*

- **La *FinTech* pour la réalisation des ODD,** visant à mobiliser des financements additionnels dans les pays en développement
- **Les plateformes collaboratives** facilitant la recherche et le transfert de compétences pour les technologies et le développement durable
- **Les partenariats multipartites et intersectoriels** visant à utiliser la technologie pour la réalisation des ODD
- **Les collaborations autour des données** pour fournir une information de meilleure qualité sur les questions sociales et environnementales : données ouvertes, don de données privées *(data philanthropy)*, partenariats multipartites

La technologie n'est ni bonne ni mauvaise, **mais elle n'est pas neutre non plus.**

MELVIN KRANZBERG,
HISTORIEN DES TECHNOLOGIES

Risques et défis technologiques

Bien que le ton adopté dans ce rapport soit raisonnablement optimiste, il ne faut absolument pas négliger les risques et défis introduits par les technologies évoquées dans ces pages.

Huit risques critiques (au moins) doivent être atténuées pour maximiser les retombées positives des technologies

Effets psychologiques. L'addiction engendrée par les écrans, les réseaux sociaux et l'économie de l'attention ont endommagé notre santé mentale et le lien social. Par ailleurs, les effets des nouveaux médias tels que la réalité virtuelle *(VR)* sont encore méconnus.

- ***Stratégies d'atténuation :*** *conception éthique, réglementation, usages favorisant le « bien-être numérique »*

Vie privée et surveillance. Six ans après les révélations d'Edward Snowden, la Chine exporte ses technologies de surveillance de masse à travers le monde, tandis que la publicité ciblée sur Internet a permis l'avènement du capitalisme de surveillance.

- ***Stratégies d'atténuation :*** *prise en compte des enjeux de vie privée dès la conception (privacy by design), normes et réglementations (au delà du RGPD), outils de sécurisation et de chiffrement*

Biais algorithmiques. Lorsqu'ils sont entraînés avec des jeux de données biaisés, les algorithmes d'IA peuvent être source de discrimination injuste et systématique. Sans un contrôle adéquat, la mise en place de ces biais à grande échelle peut aggraver les injustices perpétrées par la police, dans l'éducation, la santé, les services financiers, la démocratie, au travail...

- ***Stratégies d'atténuation :*** *renforcement de la diversité dans la tech, conception éthique, normes et réglementations (au delà du RGPD).*

Manipulation des médias. Les réseaux sociaux apparaissent aujourd'hui comme une vulnérabilité majeure pour la démocratie. Leurs algorithmes de recommandation accentuent la polarisation politique et amplifient la portée des *fake news*, tandis que l'exploitation des données privées permet le profilage psychologique des utilisateurs et la propagande ultra-ciblée. Les *fake news* ont également mené au lynchage d'innocents et à la montée en puissance des mouvement anti-vaccins. À l'avenir, la manipulation vidéo au moyen de l'IA *(deepfakes)* pourrait encore aggraver la situation.

- ***Stratégies d'atténuation :*** *outils de fact-checking, réglementation, programmes de formation à la culture numérique*

Impact économique et futur du travail. La destruction massive d'emplois par les machines, qui serait trop rapide pour que les travailleurs puissent s'adapter, fait l'objet d'une peur largement répandue. Toutefois, le nombre d'emplois concernés est loin de faire consensus. Trois questions demeurent essentielles : (1) Quelle sera la qualité des emplois futurs ? (2) Comment encourager les investissements dans une IA qui améliore le travail humain au lieu de l'automatiser ? (3) Qui possèdera les robots et comment limiter la toute-puissance des géants de la *tech* ?

- ***Stratégies d'atténuation :*** *investissements dans la formation continue et dans l'IA capable d'améliorer le travail humain, évolution des systèmes de protection sociale, réglementation des acteurs tech*

Aggravation des inégalités. La technologie pourrait accentuer les inégalités de richesses à tous les niveaux — entre entreprises, entre pays, et entre travailleurs de différents niveaux de compétences. Il est même possible qu'à l'avenir, les inégalités économiques se traduisent en inégalités biologiques.

- ***Stratégies d'atténuation :*** *évolution des systèmes de protection sociale, lutte contre les causes racines des inégalités, réglementation*

Impact des produits électroniques. Les technologies numériques ne sont pas immatérielles et les énergies renouvelables ne sont pas entièrement propres non plus. En amont, la production de composants représente un coût humain et environnemental souvent désastreux, et requiert des métaux rares et critiques dont l'approvisionnement est limité. En aval, le volume mondial de déchets électroniques explose en raison de l'obsolescence programmée et de la difficulté à recycler les composants.

- ***Stratégies d'atténuation :*** *design et business models circulaires, choix de matériaux plus durables, approvisionnement éthique, technologies pour une exploitation minière plus propre et un meilleur recyclage, réglementation*

Sécurité et sûreté. L'IA confère une nouvelle dimension aux cybermenaces, qui impliquent des risques numériques (cyberattaques), des risques politiques (perturbation d'élections), et des risques physiques (drones piégés, crashs de véhicules autonomes, prise de contrôle d'infrastructure critiques, etc.). Par ailleurs, les technologies émergentes telles que la biologie de synthèse, la géo-ingénierie solaire, ou encore les nanotechnologies, introduisent des dangers entièrement nouveaux.

- ***Stratégies d'atténuation :*** *renforcement de la prise en compte de la sécurité dans la science et l'ingénierie, recherche interdisciplinaire sur les risques existentiels, réglementation*

Quatre causes racines sous-tendent les risques technologiques. Elles découlent de normes économiques, sociales et culturelles profondément ancrées.

Le manque de diversité. La sous-représentation chronique des femmes et des minorités dans les secteurs technologiques et scientifiques a conduit à des abus, des injustices et même à la conception de produits dangereux.

- ***Réponse à cet enjeu :*** *formation et mentorat des talents sous-représentés, outils RH pour le recrutement impartial, investisseurs « pro diversité », lobbying, conception inclusive...*

Le solutionnisme, une idéologie dominante. L'idée selon laquelle la technologie peut venir à bout de n'importe quel problème est monnaie courante dans le milieu des startups. Il s'agit d'une vision réductionniste du monde, aux antipodes de la pensée systémique. Cette idéologie va en général de pair avec un manque de connaissance de la nature des problèmes en question (ou un manque de considération à leur égard).

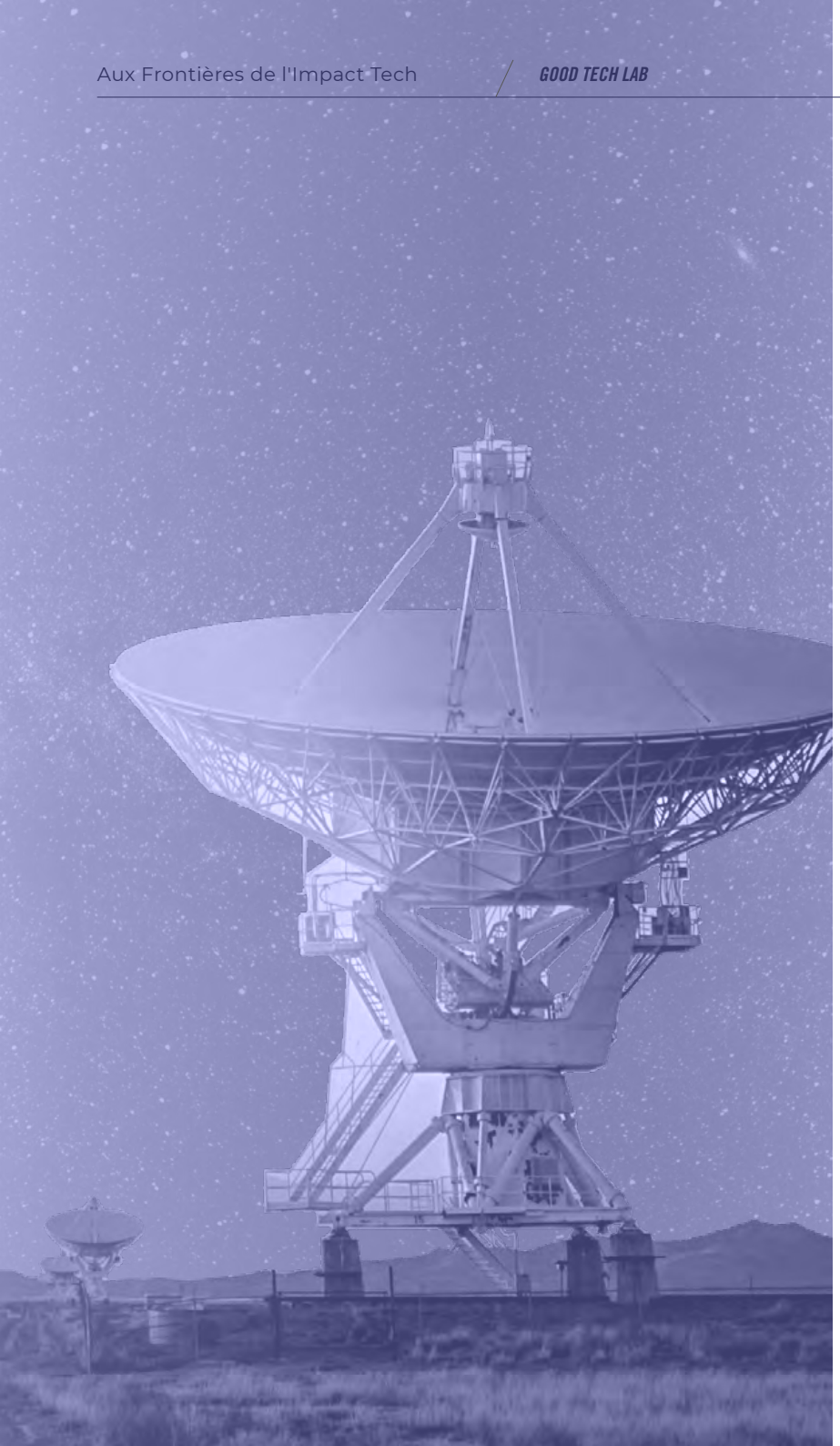
- ***Réponses à cet enjeu :*** *formation à la pensée systémique, diversité au sein des équipes, prise en compte de solutions non-technologiques (business model, politiques publiques, changements de comportement)*

Les incitations économiques perverses. Au niveau mondial, une part substantielle des financements publics pour l'innovation reste liée à la recherche militaire — IA, robotique, édition génomique, etc. Du côté des financements privés, de nombreuses voix s'élèvent pour remettre en cause le modèle du capital-risque. En effet, l'hypercroissance dont il dépend pose plusieurs problèmes: (1) elle ne convient pas à la majorité des entreprises, et induit une trop forte spéculation sur la valeur des startups, (2) elle mène régulièrement à des innovations futiles, et (3) elle a souvent un coût sociétal dissimulé. De manière générale, les outils de financement disponibles sont souvent peu adaptés aux entreprises à mission, à fort contenu scientifique, ou ne recherchant pas la « croissance à tout prix ».

- ***Réponses à cet enjeu :*** *investissement à impact, nouvelles structures de fonds, philanthropie entrepreneuriale, politiques d'innovation*

Une gouvernance technologique défaillante. Comment orienter le progrès technologique pour en maximiser les bénéfices sociétaux, tout en minimisant les effets négatifs ? Si l'industrie et le monde de la recherche sont aujourd'hui les acteurs principaux de cette gouvernance, l'autorégulation ne suffit pas, comme nous l'ont démontré les scandales autour de Facebook ou la naissance de bébés CRISPR en Chine. Les réglementations nationales et régionales sont importantes, mais certains sujets requièrent une étroite coopération internationale — les armes autonomes, le réchauffement climatique, ou encore la militarisation de l'espace. Il est urgent que les institutions internationales évoluent pour réglementer la technologie d'une manière (1) capable de suivre le rythme effréné du progrès, (2) qui concilie les intérêts contradictoires des nations et leurs différences culturelles, et (3) qui favorise un meilleur dialogue entre sciences et société.

- ***Solutions :*** *amélioration des cadres internationaux pour la gouvernance technologique, lieux de dialogue entre sciences et société*



La gestion d'impact

L'Impact Tech offre des outils puissants pour relever les grands défis auquel le monde est confronté — à condition de maximiser les résultats positifs et de minimiser les effets néfastes. Pour cela, les innovateurs disposent d'une boussole : la gestion d'impact.

De quel « impact » parle-t-on ?

Impact Management Project (IMP) est un forum œuvrant à un consensus international sur la manière de définir, mesurer, et gérer l'impact. Avec 2000 organisations du secteur, IMP est parvenu au consensus suivant : *« un impact est un changement produisant un effet positif ou négatif pour les personnes ou la planète. »* Il se décompose en cinq dimensions :

- **Quoi :** quels sont les effets auxquels l'entreprise contribue et quelle est leur importance pour les parties prenantes ?
- **Qui :** quelles sont les parties prenantes concernées par cet effet et étaient-elles mal desservies auparavant ?
- **Combien :** combien de personnes ont été concernées par cet effet ? Quel est le degré de changement ressenti et sur quelle durée ?
- **Contribution :** le projet a-t-il abouti à un résultat plus bénéfique que ce qui serait advenu sans celui-ci ?
- **Risque :** quelle est la probabilité que l'impact soit différent de celui qui était attendu ?

La gestion d'impact peut s'avérer ardue, notamment dans le domaine des sciences et des technologies. De nombreux acteurs de l'Impact Tech méconnaissent ces méthodes ou hésitent à les utiliser.

- **Leur utilisation est souvent compliquée et coûteuse,** surtout pour un entrepreneur aux ressources limitées.
- **Beaucoup de ces méthodes ont été pensées pour comparer des activités clairement définies.** Par opposition, un innovateur explore des territoires nouveaux, déploie des technologies et des *business models* souvent en rupture avec l'existant, parfois en « pivotant » de modèle à plusieurs reprises.

La gestion d'impact est souvent perçue, à tort, comme une activité statique. Elle devrait pourtant être abordée comme un processus itératif : des outils simples au départ, puis une montée en sophistication à mesure que l'organisation gagne en maturité.

La version complète de ce rapport dresse un panorama des méthodes, outils, indicateurs et autres ressources utiles aux trois piliers de la gestion d'impact : stratégie, mesure et reporting. Nous y proposons également une approche simplifiée pour les projets Impact Tech — une première réflexion autour d'une méthode agile de gestion d'impact adaptée à aux sciences et aux technologies.

La stratégie d'impact recouvre la compréhension du problème, la définition de l'hypothèse de solution, et la prévention des effets indésirables.

La stratégie d'impact positif vise (1) à comprendre le problème d'un point de vue systémique et (2) à définir l'hypothèse de solution et ses composantes (technologies, *business model*, partenaires, etc.).

- ***Ressources :*** *connaissances liées au problème (ex. : ODD, GIEC) et au secteur concernés, Théorie du Changement, étude de solutions alternatives*

La stratégie de réduction des impacts négatifs vise (3) à estimer le « coût sociétal » de la solution afin de le minimiser et (4) à anticiper les risques d'effets pervers non planifiés, ainsi que la manière de les atténuer.

- ***Ressources :*** *méthodes de conception et de développement produit (ex. : EthicalOS), bibliothèques de matériaux, outils logiciels et bases de données (voir SDG Compass)*

La mesure d'impact consiste à définir les bons indicateurs d'impact et à suivre leur évolution.

En mesurant son impact, une organisation peut évaluer sa progression vers les effets positifs désirés, ainsi que l'existence d'éventuels effets néfastes. Pour cela, il est nécessaire de (1) collecter les données appropriées, (2) les analyser et les convertir dans un format adapté à la prise de décision, et (3) de mettre en place les moyens nécessaires pour améliorer en continu sa stratégie et ses processus sur la base des informations collectées.

Les indicateurs clé de performance (KPI en anglais) doivent être SMART : spécifiques, mesurables, appropriés, réalistes et temporellement définis. Le mieux est de démarrer avec des KPI simples et de les enrichir avec le temps. Il est néanmoins crucial de conserver une vision d'ensemble du problème et un sens des priorités, afin ne pas sur-optimiser certains indicateurs au détriment d'autres potentiellement plus importants. Enfin, notons qu'il exist.e une variété de méthodes visant à simplifier la collecte de données, tels que l'approche Lean Data d'Acumen.

- ***Ressources :*** *les catégories de données d'impact de IMP, les indicateurs SDGs et les catalogues d'indicateurs comme IRIS (voir aussi SDG Compass)*

Les méthodes de mesure d'impact peuvent être classées en quatre grandes familles complémentaires :

- **Le retour social sur investissement *(SROI)*** attribue une valeur monétaire au bénéfice social d'un projet pour en évaluer l'efficacité
- **Les tableaux de bord** permettent de suivre l'évolution d'indicateurs prédéfinis pour rendre compte des performances d'une organisation, à l'instar du B Impact Assessment utilisé par les B Corps.
- **Les évaluations de contribution,** telles que les essais contrôlés randomisés *(ECR)* et autres méthodes statistiques, emploient des analyses contrefactuelles pour évaluer ce qui serait advenu indépendamment de l'intervention de l'organisation

- **Les méthodes d'évaluation environnementale** incluent l'analyse du cycle de vie (ACV) d'un produit donné (de l'extraction des matières premières à la fin de vie), ainsi que diverses méthodes spécialisées telles que le Bilan Carbone (et son équivalent *GHG Protocol*), le *Natural Capital Protocol* (NCP) ou encore l'analyse des flux de matières *(MFA)*

Le *reporting* d'impact se réfère aux activités de communication à destination des différentes parties prenantes.

Pour que l'impact positif soit communiqué efficacement, trois choses sont nécessaires : (1) des données valides, (2) des méthodes adaptées et transparentes, (3) un langage adapté au public cible. Face aux attentes croissantes des clients, des investisseurs, du régulateur et de la société civile, le reporting d'impact devient une activité stratégique.

- ***Ressources :*** *les certifications telles que B Corp, Solar Impulse ou le Trustable Technology Mark, les standards de reporting tels que GRI et CDP*

Le futur de la gestion d'impact

La gestion d'impact est une pratique en constante évolution. Les organismes fixant les normes internationales se rapprochent afin d'améliorer la compatibilité de ces dernières. Les ODD s'intègrent désormais aux outils d'évaluation. De plus, de nouveaux acteurs proposent des solutions numériques pour optimiser les activités de gestion d'impact.

En parallèle, il est nécessaire que les innovateurs Impact Tech, les scientifiques, et les professionnels de la gestion d'impact allient leurs forces pour développer des outils et méthodes adaptées aux acteurs de la technologie, complémentaires aux standards existants.

Ces outils et méthodes devront notamment :

- **Permettre différents niveaux de sophistication** (indicateurs, méthodes d'évaluation) en fonction de la maturité du projet
- **S'appuyer sur les données et la science** pour comparer différentes solutions proposées pour un même problème
- **Faciliter la prise en compte de multiples familles de risques,** y compris ceux liés à des domaines technologiques spécifiques

10 ans pour agir

Les derniers rapports du GIEC et de l'IPBES sur le climat et la biodiversité sont alarmants. Par ailleurs, si le niveau d'inégalités est déjà inacceptable aujourd'hui dans de nombreux pays, il risque d'empirer encore avec l'IA et le réchauffement climatique. **Face à ces défis planétaires, notre civilisation menace de s'effondrer** — à moins de transformer le système économique en profondeur, au rythme de la Loi Carbone.

La vitesse et l'ampleur d'une telle transformation font qu'il n'existe aucun précédent historique. La plus proche comparaison serait un effort de guerre, lequel vise à mobiliser une économie tout entière pour venir à bout d'une menace existentielle. Les investissements réalisés durant de telles époques ont favorisé l'émergence de la Silicon Valley et conduit au programme Apollo de conquête lunaire.

50 ans après Apollo 11, le monde a besoin d'un nouveau *moonshot* — inverser le cours du réchauffement climatique et faire en sorte que la nature et l'humanité s'épanouissent. Cependant cette fois, aucune superpuissance ne pourra accomplir cette mission à elle seule. Nous sommes tous aux commandes à bord du Vaisseau Terre.

La science, la technologie, l'entrepreneuriat à mission et la pensée systémique sont parmis nos meilleurs jokers. En pleine émergence à travers le monde, le mouvement Impact Tech a le potentiel de les réunir. Il offre de nouveaux leviers pour réaliser les Objectifs de développement durable, et peut-être bien réaliser le *moonshot* du XXIe siècle.

Les années 2020 seront décisives : le monde doit atteindre les ODD d'ici 2030, tout en réduisant de moitié les émissions mondiales de gaz à effet de serre sur la même période. **Pour parvenir à cet exploit, l'Impact Tech devra démontrer son potentiel et passer à l'échelle. Les 12 points énumérés ci-dessous vont dans ce sens.**

Leadership de l'Impact Tech

1. **Penser en systèmes et données.** Les approches réductionnistes sont incapables de venir à bout des problèmes les plus ardus. La résolution de ces derniers requiert une compréhension des dépendances systémiques, la distinction entre symptômes et causes racines, une capacité à prioriser les leviers sur lesquels intervenir, et l'anticipation des effets secondaires.
   - **Se former à la pensée système** (ou se perfectionner)
   - **Se familiariser avec les cadres essentiels** tels que les ODD, les limites planétaires, les cycles du carbone, ou l'économie circulaire
   - **Appuyer la stratégie sur la science et données,** afin de prioriser les leviers de transformation les plus efficaces

2. **Élever le niveau d'ambition.** Un nombre croissant d'entreprises communiquent sur leur mission sociétale, ou leur « raison d'être » qui dépasse la seule rentabilité. Cette tendance est prometteuse, mais il est nécessaire que ces ambitions soient alignées avec l'effort à fournir face aux défis planétaires — un facteur X10 plutôt que 10%. Pour reprendre la formule utilisée par Extinction Rebellion:
   - **« Dites la vérité » :** reconnaître l'ampleur des crises sociales et environnementales dans la mission de l'entreprise
   - **« Agissez maintenant » :** fixer des objectifs ambitieux à court et long termes en réponse à ces crises

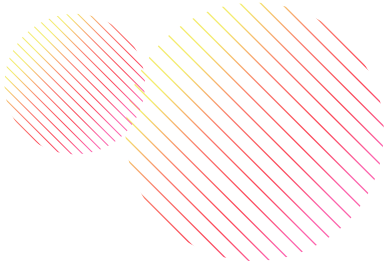
3. **Adopter la gestion d'impact.** Il est crucial que les innovateurs et investisseurs Impact Tech pensent et mesurent leur impact, avec l'aide de méthodes agiles intégrées à leurs activités (recherche, design, ingénierie, opérations, etc). Ils devraient également contribuer à la mise au point de pratiques spécialement adaptées aux sciences et à la technologie.

4. **Miser sur la diversité.** La diversité de profils et de compétences est un moyen reconnu de réduire les biais et les angles morts qui surgissent régulièrement dans toute activité d'innovation. Par ailleurs, la diversité de points de vue, l'interdisciplinarité et l'intelligence collective peuvent permettre l'émergence de solutions radicalement novatrices.

5. **Nouer des partenariats pour changer le système.** La collaboration, entre pairs et avec d'autres parties prenantes, permet aux entreprises de saisir des opportunités auparavant hors de portée, et de s'attaquer aux problèmes les plus inextricables — avec l'aide de l'Impact Tech.
   - **Cartographier et rejoindre les réseaux,** clusters et consortiums les plus pertinents
   - **Pratiquer une innovation ouverte « orientée résultats »** pour une coopération efficace entre startups et corporates
   - **Soutenir les « entrepreneurs systémiques »** jouant le rôle de courroies de transmission capables d'aligner les intérêts des différentes parties prenantes

Ecosystèmes d'innovation Impact Tech

6. **Elargir le vivier de talents.** Attirer les meilleurs talents est l'un des principaux challenges rencontrés par les entrepreneurs Impact Tech, souvent plus encore que la levée de fonds. Il est nécessaire de:
   - **Repenser l'enseignement supérieur** pour intégrer une introduction aux sciences environnementales, aux ODD, à la pensée systémique et la résolution collaborative de problèmes complexes dans le tronc commun des formations d'ingénieur, de sciences, de design et de management. Combiner théorie et pratique (projets)
   - **Mettre en œuvre des programmes innovants de formation (initiale et continue) à l'Impact Tech,** combinant ingénierie, pensée systémique et sciences humaines
   - **Faire la promotion** des réussites de l'Impact Tech
   - **Attirer des mentors et experts** pour soutenir les entrepreneurs Impact Tech : entrepreneurs chevronnés, ingénieurs, scientifiques



7. **Augmenter les capacités de financement.** Le financement des projets Impact Tech doit changer d'échelle. Si les fonds publics demeurent un outil stratégique (voir #10), il est impératif que l'investissement privé gagne à la fois en volume et en diversité d'instruments financiers :
   - **Les fonds d'impact investing** avec un accès privilégié à une expertise technologique suffisante et un *dealflow* adapté
   - **Les fonds de VC (capital-risque)** avec une appétence pour l'impact et un accès aux compétences de gestion d'impact
   - **Le capital patient :** fonds d'investissement avec un horizon temporel flexible et long-terme (ex. 12-15 ans plutôt que les 7-8 ans habituels)
   - **Les structures de fonds alternatives** telles que le financement basé sur les revenus, le financement mixte, la finance d'infrastructure ou les contrats à impact social
   - **La philanthropie stratégique** visant à combler les déficits de financement, notamment en phase d'amorçage pour les startups à impact et à base scientifique (trop risquées pour les investisseurs classiques), ainsi que les projets Impact Tech à but non lucratif
   - **Les initiatives transverses** visant à améliorer la diversité parmi les entrepreneurs qui parviennent à lever des fonds

8. **Renforcer l'accompagnement de projets.** Augmenter la disponibilité des incubateurs, accélérateurs, *company builders* et autres programmes de soutien à l'entrepreneuriat (PSE) de qualité, orientés Impact Tech :
   - **Développer les compétences au sein des PSE existants** sur les thèmes des sciences environnementales, les ODD, la gestion d'impact et la pensée systémique
   - **Orienter les financements publics et philanthropiques** vers les PSE dont la mission est d'accompagner les projets répondant aux grands défis mondiaux (climat, ODD, etc.**)**
   - **Mettre en œuvre des PSE couvrant des cibles et des besoins peu couverts à l'heure actuelle :** projets en phase de maturation et changement d'échelle *(scale-ups)*, entrepreneuriat scientifique, fondateurs aux profils sous-représentés, expérimentations et prototypes en situation réelle, initiatives systémiques impliquant de multiples parties prenantes

9. **Impliquer les grands groupes et les villes.** Les acteurs industriels et les collectivités territoriales ont un rôle essentiel à jouer dans le passage à l'échelle de l'Impact Tech, en tant que partenaires, clients, ou fournisseurs de solutions. Pour assumer ce rôle, il leur faut :
   - **Mettre en œuvre des programmes de formation** pour les cadres et les dirigeants, portant sur les thèmes de l'Impact Tech, les ODD, les sciences environnementales et la pensée systémique
   - **Adopter les cinq mesures « *Impact Tech leadership* »** (ci-dessus)
   - **Utiliser les achats et l'innovation ouverte comme leviers** pour soutenir les innovateurs Impact Tech : financement, accès aux clients, à l'expertise, aux brevets, aux projets pilotes, aux canaux de vente et de distribution, etc.

10. **Orienter les marchés par l'action publique.** Les gouvernements nationaux et fédéraux disposent d'outils puissants pour faire advenir l'économie décarbonée, régénératrice et inclusive dont le monde a tant besoin. En particulier, ils peuvent :
    - **Mettre en œuvre une politique d'innovation « orientée mission »** (Mazzucato) mobilisant des financements publics directs et des incitations pour le secteur privé, avec l'objectif d'orienter l'économie de l'innovation vers la réalisation des ODD.
    - **Adapter la réglementation et la fiscalité** de manière à susciter un changement de comportement à grande échelle chez les consommateurs et les entreprises (ex. **taxe carbone)**
    - **S'appuyer sur la commande publique** pour soutenir directement les innovateurs Impact Tech

11. Mobiliser la recherche sur une trajectoire ambitieuse. Les acteurs académiques, les entreprises, le secteur public, les organisations internationales et la société civile doivent travailler de concert pour :

- **Définir des feuilles de route à 10 ans** à toutes les échelles (pays, ville, organisation) et dans chaque secteur stratégique pour répondre aux grands défis mondiaux. Revisiter ces plans chaque année.
- **Mettre en place des agendas de recherche pluriannuels** définissant les priorités en R&D pour inventer, industrialiser et déployer les technologies nécessaires à cet effort
- **Développer une culture de l'impact dans le milieu académique** pour maximiser la valeur sociétale de la recherche : gestion d'impact, mise en place d'incitations vers l'impact positif (ex. politique RH, critères de financement des projets)

12. Réinventer la coopération internationale. L'Impact Tech est une réponse possible face aux « problèmes sans frontières » posés par le réchauffement climatique, l'atteinte des ODD, ou les menaces émergentes telles que l'antibiorésistance et les risques de sécurité liés à l'IA. Un renforcement de la coopération mondiale est nécessaire :

- **Adopter un modèle « plateforme » au sein des organisations internationales et des acteurs du développement,** de manière à mobiliser l'intelligence collective d'acteurs privés, publics, académiques et de la société civile
- **Repenser les cadres de gouvernance internationale** dédiés aux technologies émergentes et aux risques existentiels

En cette période charnière, chacun a un rôle à jouer dans le *moonshot* planétaire. Toutes les parties prenantes devront intensifier leurs efforts : nous étudierons comment dans nos prochaines publications, portant sur les écosystèmes d'innovation Impact Tech. Nous nous pencherons sur les stratégies Impact Tech des investisseurs, accélérateurs, grands groupes, universités, fondations, et organisations internationales.

Plus que jamais, nous sommes convaincus que la science et la technologie peuvent être mis au service d'un futur souhaitable — un futur dans lequel la planète et ses habitants s'épanouissent sans se nuire.

1

INTRODUCTION

VISER LA LUNE

50 ans après avoir marché sur la lune, l'humanité joue son avenir sur un nouveau « *moonshot* » — restaurer le climat et les écosystèmes tout en permettant à chacun de s'épanouir.

La fenêtre d'opportunité se referme à vue d'œil, mais un sursaut reste possible. La science, la technologie et l'entrepreneuriat systémique offrent de puissants leviers pour relever ce défi sans précédent.

Inverser le cours du **réchauffement climatique** et prévenir l'effondrement des écosystèmes...

En deux siècles, les conditions de vie humaine ont énormément progressé, en moyenne à travers le monde. L'extrême pauvreté et la violence ont chuté, l'espérance de vie et les niveaux d'éducation ont grimpé. Mais ce progrès se heurte à trois limites : il est inégalement réparti, il stagne désormais dans de nombreux domaines, et le système économique sur lequel il repose n'est plus soutenable. Nous avons dépassé plusieurs des neuf limites planétaires — les seuils environnementaux à ne pas franchir pour garantir notre sécurité sur Terre. Notre impact sur la biosphère est tel qu'une nouvelle ère géologique porte désormais notre nom : l'Anthropocène.

Selon les calculs du GIEC, nous aurons épuisé d'ici 2030 le budget carbone qui nous est alloué pour contenir le réchauffement climatique en-dessous de 1,5°C. Nous subissons déjà les effets d'une hausse de températures de 1°C : blanchissement des coraux, espèces envahissantes, et phénomènes météorologiques extrêmes, à l'instar des canicules des étés 2018 et 2019. Un réchauffement de 2°C ou de 3°C aggraverait sensiblement les répercussions en termes de pic de chaleur, montées des eaux, rendements agricoles, et pénuries d'eau. Jusqu'à 300 millions de réfugiés climatiques pourraient être déplacés d'ici 2050, et certaines des plus grandes villes du monde seraient en partie submergées.

Pire : un réchauffement supérieur à 1,5°C augmenterait les risques de voir le système-Terre franchir des points de non-retour. Il pourrait s'en suivre un effet domino climatique : la fonte des glaces, le dépérissement des forêts, et plusieurs autres boucles de rétroaction viendraient démultiplier l'effet des émissions anthropiques. La Terre deviendrait une « étuve », avec des hausses de températures atteignant 5°C, voire davantage.

> Nous sommes tous des astronautes à bord d'un petit **vaisseau qu'on nomme la Terre.**
>
> ***R. BUCKMINSTER FULLER,***
> *ARCHITECTE, DESIGNER, ET INVENTEUR*

Photo: NASA

L'urgence est autant climatique qu'écologique : le capital naturel est au bord de l'effondrement. Un million d'espèces — une sur huit — sont menacées d'extinction à brève échéance selon l'IPBES, le « GIEC de la biodiversité. » 75 % des sols sont dégradés, menaçant le bien-être de la moitié de l'humanité. Un tiers des terres arables sont même déjà perdues à cause de l'érosion et de la pollution, compromettant notre capacité à nourrir une population en croissance. L'élévage intensif accélère la déforestation, tandis que les océans pourraient contenir plus de plastique que de poissons d'ici 2050. Les récifs coralliens auront probablement disparu d'ici là, et avec eux le quart de la vie marine qu'ils hébergent.

La crise climatique et l'effondrement de la biodiversité sont les deux facettes d'une même menace : un risque existentiel pour les systèmes dont nous dépendons pour notre alimentation, notre accès à l'eau potable, et un climat adapté à la vie humaine. Seul un saut quantique pourra inverser cette trajectoire mortifère.

La situation n'est cependant pas sans issue. En 2017, une équipe de climatologues menée par Johan Rockström a proposé une trajectoire compatible avec les objectifs de l'Accord de Paris. Cette « Loi Carbone » requiert que les émissions mondiales atteignent un pic en 2020 au plus tard, puis qu'elles chutent de moitié tous les 10 ans, jusqu'à la neutralité carbone en 2050 — en faisant croître les puits de carbone en parallèle.

Dans les années 1960, la Loi de Moore a propulsé la révolution numérique en prédisant que la puissance informatique doublerait tous les deux ans. La Loi Carbone vise à insuffler la même dynamique exponentielle pour restaurer le climat et les écosystèmes. Cet effort est techniquement à notre portée et économiquement attractif. Il nécessite en revanche de *« modifier rapidement, radicalement et de manière inédite tous les aspects de la société »* selon les mots du GIEC.

Nous devons opérer un changement radical dans notre rapport au carbone et aux ressources naturelles. Cela requiert une nouvelle économie du carbone capable d'absorber davantage de gaz à effet de serre qu'elle n'en émet. Mais aussi le passage à l'échelle de l'économie circulaire, une idée qui selon la fondation Ellen MacArthur « *préserve et développe le capital naturel, optimise le rendement des ressources et minimise les risques systémiques par la gestion des stocks et des flux de ressources.* »

… Tout en apportant le **progrès pour tous**.

Cette révolution ne sera possible que si elle ne laisse personne de côté. Pour que le futur soit non seulement résilient, mais vaille la peine d'être vécu, chacun doit avoir accès à un logement décent, une alimentation saine, une éducation et des soins de qualité. Avec une économie plus inclusive, il est possible d'éliminer la pauvreté, de réduire les inégalités, et d'améliorer la qualité de vie, en ville comme en milieu rural.

La tâche sera ardue. La population mondiale va augmenter de 7,5 à 10 milliards d'ici 2050, dont 70 % en ville. Près de 850 millions de personnes n'ont toujours pas accès à un service d'eau potable, 1 milliard n'ont pas l'électricité, et près du tiers de l'humanité souffre de carences nutritionnelles. Ces chiffres sont susceptibles d'empirer avec la crise écologique, alors qu'une étude de Stanford a montré que le réchauffement a déjà accentué les inégalités mondiales. Aujourd'hui, 26 personnes possèdent autant que la moitié la plus pauvre de l'humanité — soit 3,8 milliards d'individus.

Les 17 Objectifs de développement **durable (ODD)** fixés par l'ONU en 2015 fournissent un cadre holistique pour relever ces défis. Les réaliser permettrait de *« satisfaire les besoins de tous dans les limites planétaires, »* selon la formule de l'économiste Kate Raworth.

Par chance, les incitations économiques pourraient diriger l'innovation et les forces du marché dans la bonne direction. Les solutions aux ODD représenteraient un marché de 12 000 milliards de dollars et 380 millions d'emplois d'ici 2030, d'après le rapport *Better Business, Better World* co-dirigé par Paul Polman, ex-CEO d'Unilever. Eliminer 1000 gigatonnes de CO2 de l'atmosphère pourrait aussi créer 45 000 milliards de richesses, selon les calculs de Project Drawdown. Le plus grand défi auquel nous ayons jamais été confrontés, est aussi notre plus grande opportunité — mais si n'agissons pas assez vite, ce sera aussi la dernière.

> Les Objectifs de développement durable sont un **bon de commande du futur.**
>
> ***JOHN ELKINGTON**, FONDATEUR ET PRÉSIDENT DE VOLANS*

Based on an original idea from Lorraine Smith

50 ans après Apollo 11, voici le *moonshot* du XXIe siècle : inverser le cours du réchauffement climatique et faire en sorte que la nature et l'humanité s'épanouissent.

Par son ampleur et sa rapidité, l'effort à fournir *« n'a aucun précédent historique connu »* selon les mots du GIEC. Certains le comparent cependant au programme Apollo qui envoya les premiers humains sur la lune, ou encore à la transformation de l'économie américaine pendant la seconde guerre mondiale. Cette fois pourtant, aucune superpuissance ne pourra accomplir cette mission à elle seule : nous sommes tous aux commandes à bord du vaisseau-Terre.

Chacun détient une partie de la clé face à ce *« wicked problem »* qui résiste à toute résolution simple — en raison des nombreux paramètres, des interpédendances complexes, et des multiples inconnues.

Nous choisissons d'aller sur la Lune au cours de cette décennie et d'accomplir d'autres choses, non pas parce qu'elles sont faciles, **mais parce qu'elles sont difficiles ;** car cet objectif servira à organiser et à mesurer le meilleur de nos énergies et de nos compétences, parce que nous sommes prêts à relever ce défi, que nous ne voulons pas remettre à plus tard et **que nous avons l'intention de gagner.**

John F. Kennedy, 1962

> Les missions [sociétales] permettent d'orienter les forces de la recherche et de l'innovation, et de les exploiter pour non seulement **stimuler l'activité économique et la croissance,** mais aussi trouver des **solutions nouvelles** aux plus grands défis de notre époque.
>
> ***MARIANA MAZZUCATO**, ÉCONOMISTE ET PROFESSEURE À L'UCL*

Sciences et technologies au service du bien commun

Pour relever le défi, nous disposons de leviers économiques, mais aussi technologiques**.** Ces derniers sont portés par les deux vagues d'innovation qui se chevauchent actuellement.

Entrée dans sa phase de maturité, la révolution numérique transforme tous les secteurs : de la finance aux transports, en passant par l'énergie ou l'agriculture. Le numérique a rendu possible des innovations de produit et de *business model* qui contribuent aux ODD, du paiement mobile aux plateformes de cours en ligne, en passant par le financement participatif des énergies renouvelables. En outre, Internet permet de diffuser et financer des solutions basées sur des « technologies appropriées, » comme les foyers améliorés et les filtres à eau *low-tech*.

Le développement rapide des technologies émergentes constitue une vague plus profonde encore : biologie de synthèse, nouveaux matériaux, robotique, Internet des objets, intelligence artificielle (IA), *blockchains*, satellites, fabrication additive, nanotechnologies, informatique quantique, ou encore les innovations dans l'énergie et les appareils médicaux. Le Forum économique mondial (WEF) appelle « quatrième révolution industrielle » la convergence entre ces technologies exponentielles.

Grâce à la science et à l'ingénierie de pointe, une nouvelle génération d'entrepreneurs apporte des réponses révolutionnaires aux grands défis planétaires : viande végétale ou cellulaire, stockage d'énergie, matériaux biofabriqués ou dérivés de carbone capturé, IA pour la mobilité urbaine ou les diagnostics médicaux, cadastres *blockchain* pour les droits fonciers des petits exploitants, ou encore imagerie satellite pour lutter contre l'esclavage.

Néanmoins, il est crucial de prendre conscience des enjeux et des risques introduits par la technologie elle-même. Quel est l'avenir du travail face à l'automatisation des emplois ? Comment faire en sorte que la technologie ne renforce pas les inégalités ? Pouvons-nous réduire le coût social et environnemental des technologies numériques ? Comment réduire les risques de sécurité et préserver la démocratie à l'ère de l'IA et de la biologie de synthèse ? C'est à ce type de questions, difficiles, qu'il nous faudra trouver des réponses. Ainsi seulement le bilan de ces technologies pourra être davantage positif que négatif.

Comme le résumait l'historien Melvin Kranzberg, *« La technologie n'est ni bonne ni mauvaise, mais elle n'est pas neutre non plus. »* Avec la bonne boussole et une approche systémique, peut-être pouvons-nous, malgré tout, en faire un outil au service du bien commun.

10 ans pour repousser les frontières de l'Impact Tech

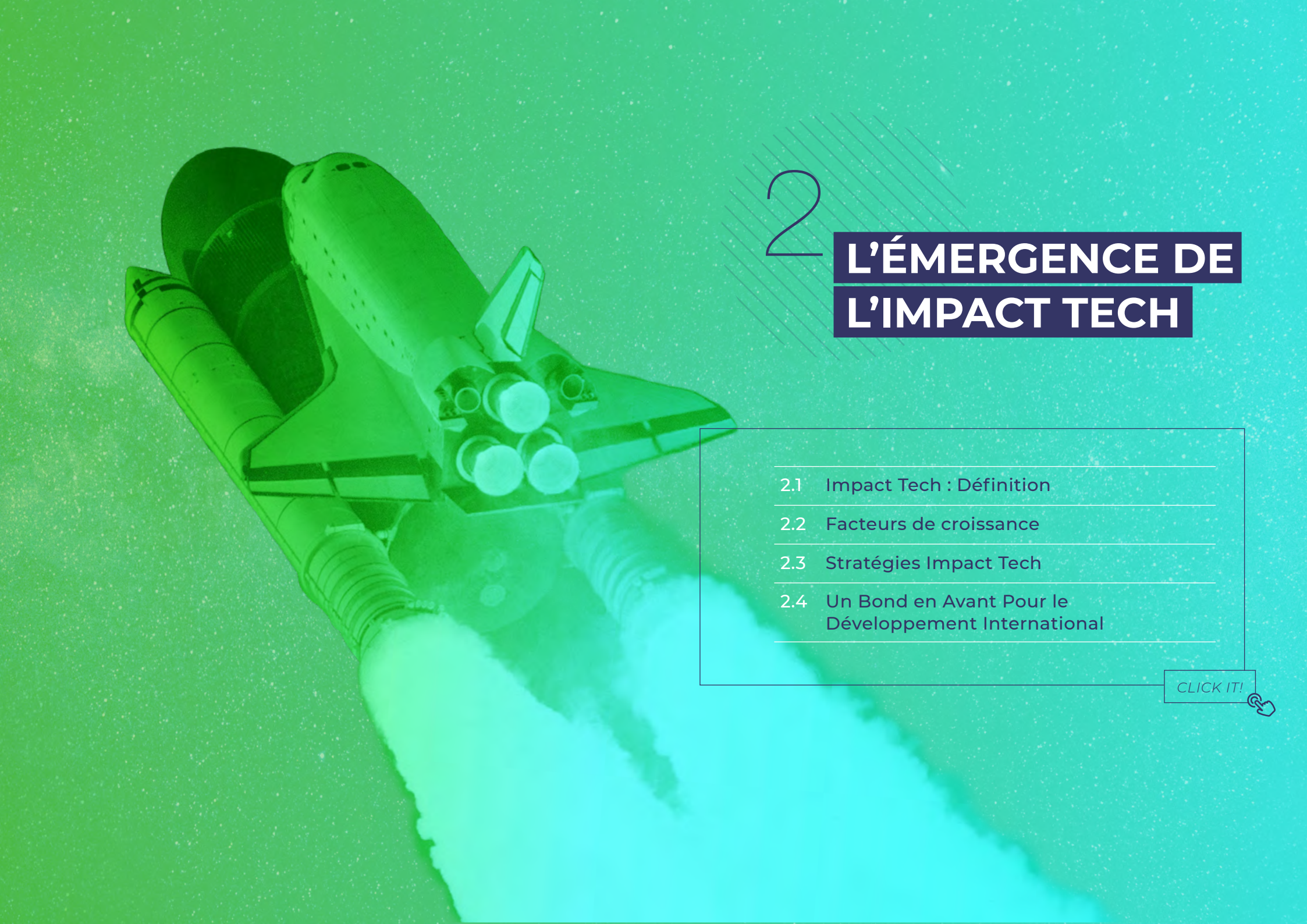
Nombreuses sont les raisons de garder espoir. Chaque jour la science progresse et nouveaux entrepreneurs *tech* s'attaquent aux défis planétaires. Dans le même temps, les acteurs de l'innovation sociale et du développement durable s'emparent des technologies pour démultiplier leur impact. Nous en sommes convaincus : s'ils parviennent à orienter l'accélération technologique dans le bon sens, les nouveaux innovateurs de l'*Impact Tech* peuvent ouvrir la voie du « moonshot » planétaire,

La suite de ce rapport est structurée en cinq parties. Premièrement, une analyse du mouvement *Impact Tech*, des facteurs de son émergence et des stratégies adoptées par ses protagonistes. Deuxièmement, un panorama de 180 domaines d'innovation *Impact Tech,* analysés au prisme de leur potentielle contribution pour réaliser les 17 ODD. Troisièmement, les risques et enjeux introduits par la technologie elle-même. Quatrièmement, les méthodes de gestion et de mesure d'impact, une boussole pour maximiser l'impact positif et minimiser les effets néfastes. Enfin cinquièmement, nous proposons 12 chantiers prioritaires pour faire passer à l'échelle l'Impact Tech sur la prochaine décennie.

Ce document est le premier d'une série. Les prochains volets, publiés dans quelques mois, porteront sur les écosystèmes d'innovation liés à l'*Impact Tech*. Nous analyserons les stratégies des acteurs qui soutiennent et collaborent avec ces entrepreneurs — investisseurs et incubateurs, grands groupes, mais aussi acteurs publics, académiques, philanthropiques, et du développement international.

Enfin, précisons que notre focale sur la science, la technologie et l'entrepreneuriat, n'implique ni un dénigrement de l'innovation non technologique, ni un techno-solutionnisme béat. Au contraire : en ces temps de changements exponentiels et de défis sans précédents, jamais n'avons-nous eu autant besoin de pensée systémique et de complexité. **Les leviers politiques, les changements de comportement et les nouveaux modèles économiques ont un rôle tout aussi essentiel.**

Photo: SpaceX



2 L'ÉMERGENCE DE L'IMPACT TECH

2.1 Impact Tech : Définition

2.2 Facteurs de croissance

2.3 Stratégies Impact Tech

2.4 Un Bond en Avant Pour le Développement International

CLICK IT!

La multitude de concepts décrivant l'intersection entre technologie et société n'a pas facilité le choix d'un terme pour ce rapport. Dans ce chapitre, nous tenterons de décrire au mieux ce que nous appellerons, par souci de simplicité, Impact Tech.

Nous commencerons par définir le concept et ses liens avec d'autres sujets connexes. Nous présenterons ensuite les principaux facteurs d'émergence du mouvement Impact Tech, ainsi que les différentes stratégies employées par ses protagonistes. Enfin, nous soulignerons le potentiel qu'il représente dans le domaine du développement international.

2.1 Impact Tech : Définition

Photo: Carl Attard

Il est facile de se perdre parmi les différents termes (souvent anglo-saxons) relatifs aux liens entre technologies et enjeux sociétaux : *Tech for Good*, *Impact Tech*, *Social Tech*, *Clean Tech*, *Responsible Tech*, *Positive Tech*, *Transformative Tech*, *Humane Tech*, TIC pour le développement (ICT4D), Innovation Sociale Numérique (DSI), Innovation Facteur 4, etc. Certains portent davantage sur les sujets sociaux, d'autres environnementaux. Certains mettent l'accent sur la réduction des externalités négatives, d'autres sur les nouvelles solutions. D'autres encore concernent des secteurs spécifiques, tels que *civic tech*, *health tech*, *peace tech, carbon tech,* etc. Notre étude se réfère à ces différents concepts pour décrire au mieux les projets présentés dans ces pages.

Nous avons choisi « Impact Tech » comme terme principal par souci de simplification, car son emploi reflète le plus fidèlement notre message — y compris dans la diversité de secteurs et des approches. Le terme « Tech for Good » jouit certes d'un usage plus important, mais il est plus souvent associé aux thématiques sociales qu'environnementales (surtout dans la littérature anglo-saxonne), ansi qu'à une culture proche de l'ESS, de l'entrepreneuriat social et de la RSE, qui ne forment qu'une partie du spectre auquel nous nous sommes intéressés.

« Tout le monde n'a pas la même définition de ce que "impact" signifie. Nous avons choisi : une entreprise rentable qui améliore la qualité des populations à la base de la pyramide, ou qui répond à l'un des 17 ODD. »

Mariana Fonseca,
Cofondatrice de Pipe.Social

Par « *tech* » nous faisons référence aux technologies au sens large, soit *« l'usage de connaissances scientifiques pour des applications pratiques. »* (Oxford Dictionary). Ceci englobe bien sûr les technologies numériques (logiciel et *hardware*), mais aussi celles reposant sur des principes physiques et biologiques, des *low-tech* jusqu'au *deep-tech* (voir 2.3) — bien que ces dernières soit plus largement représentée dans ce rapport.

Comment définir « impact » ?

C'est probablement la question qui nous a été le plus fréquemment posée. Pour y répondre, nous nous appuyons sur Impact Management Project (IMP), un consortium œuvrant à un consensus international sur la manière de définir, mesurer, et gérer l'impact. IMP a ainsi rassemblé plus de 2 000 acteurs (finance, entreprises, académiques, fondation, développement international, etc.) qui ont approuvé la définition suivante :

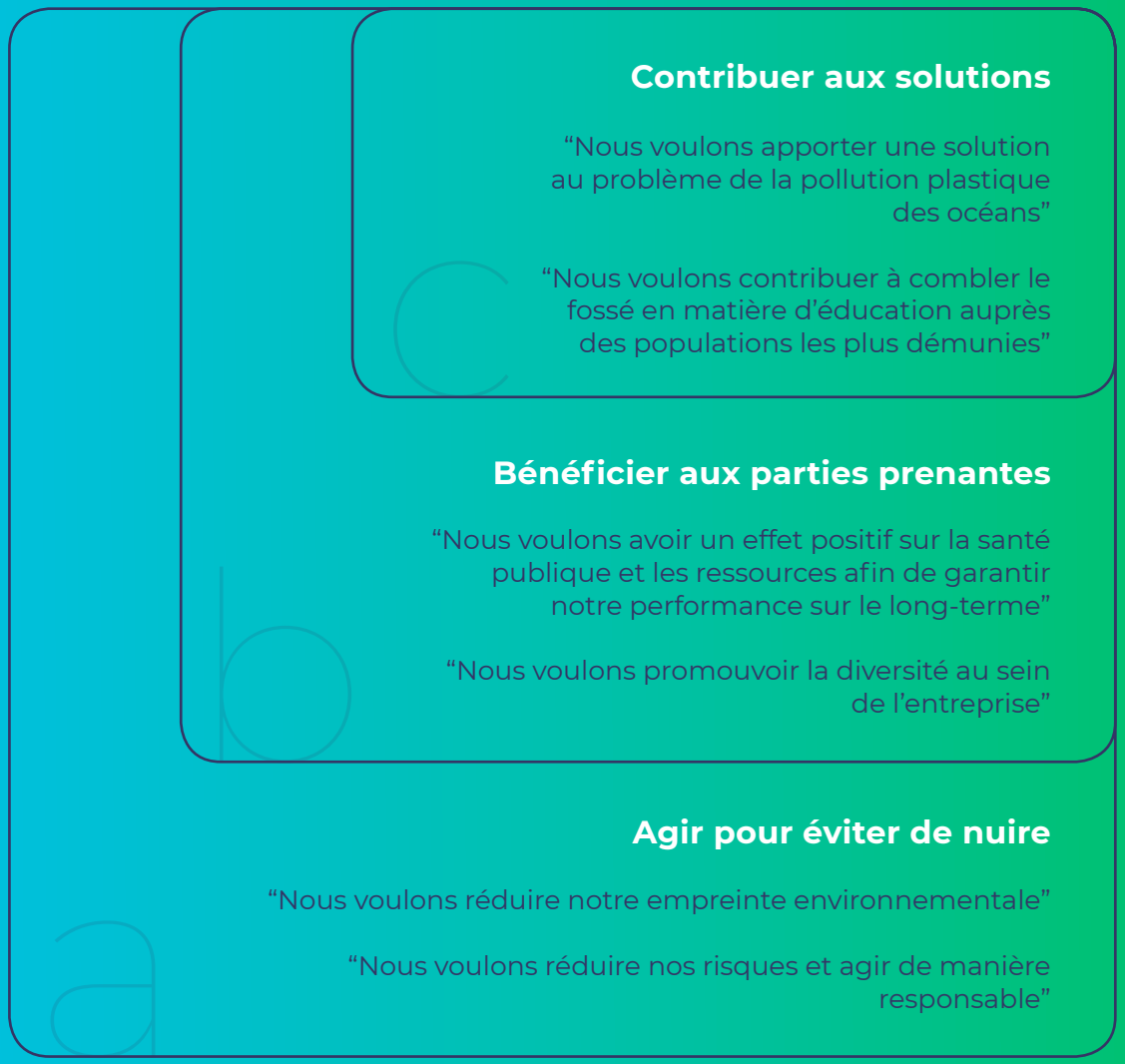
> **« L'impact désigne un changement dans les effets positifs et négatifs qui affectent les êtres humains et la planète. Il peut être déconstruit en cinq dimensions : quoi, qui, combien, quelle contribution, quels risques. »**
> — Impact Management Project

Photo: Abbie Trayler-Smith

IMP distingue trois catégories d'impact pour une organisation : A, B et C

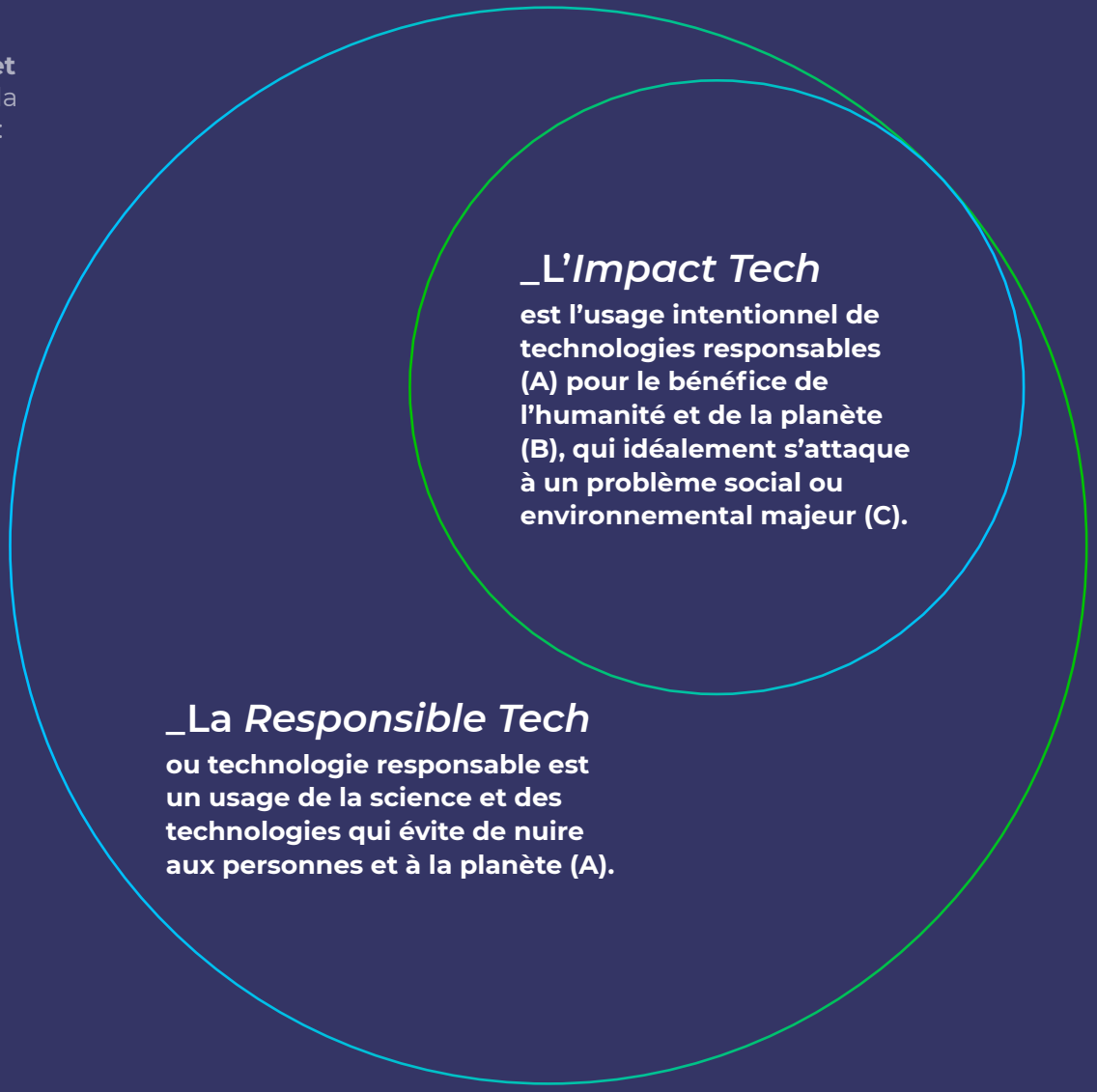
- **A = Agir pour éviter de nuire**
  L'entreprise prévient ou réduit les effets négatifs importants pour les personnes et la planète. On la qualifiera souvent de **« responsable »**.
- **B = Bénéficier aux parties prenantes**
  En plus d'agir pour éviter de nuire, l'entreprise génère divers effets positifs pour les personnes et la planète. On la qualifiera souvent de **« durable »**.
- **C = Contribuer aux solutions**
  En plus d'agir pour éviter de nuire, l'entreprise génère un ou plusieurs effets positifs importants pour des personnes mal desservies et pour la planète.

UNE ORGANISATION PEUT VISER TROIS TYPES OF IMPACT: A, B, OU C



Credit: Inspiré de Impact Management Project

Dans un contexte scientifique et technologique, nous utiliserons la terminologie simplifiée suivante :



La majeure partie de ce rapport se concentre sur le second concept.

Responsible Tech

La ***Responsible Tech*** « prend en considération l'impact social qu'elle engendre et les conséquences involontaires qu'elle peut causer », selon la définition de l'ONG Doteveryone (UK). Les conséquences involontaires peuvent prendre différentes formes, telles que l'accentuation des déchets électroniques, la surveillance numérique, ou un détournement non éthique des biotechnologies. Le Chapitre 4 présente un aperçu des risques et des enjeux technologiques les plus critiques.

Le besoin de responsabilité dans la *tech* est exprimé y compris par les acteurs du secteur. Citons la Copenhagen Letter et le Tech Pledge publiés au TechFest, le Center for Humane Tech dont la mission est de lutter contre l'addiction aux écrans, les déclarations d'intention de la Canadian Tech community ou encore le « sommet Tech for Good » auquel le Président Emmanuel Macron a convié les géants de la *tech*.

L'usage du terme « Tech For Good » dans les deux derniers cas illustre l'ambiguité du terme. Les critiques soulignent les risques de « *good-washing* » ou « *impact-washing* » lorsque ces termes sont repris par des acteurs *tech* traditionnels, dont certains comme Palantir sont notoirement impliqués dans la surveillance mondiale et le scandale Cambridge Analytica.

Outre les initiatives des entreprises, de nombreuses ONG militent depuis des années pour un numérique responsable. Des sujets tels que la protection d'un Internet ouvert et équitable, de la vie privée et de la liberté d'expression ont été au centre des travaux de l'Electronic Frontier Foundation (USA), de La Quadrature Du Net (France), ou de la Web Foundation fondée par Tim Berners-Lee. Certains autres comme ThingsCon (Allemagne) se sont spécialisés dans l'éthique des appareils connectés. Enfin, citons également les think-tanks tels que Data&Society (USA), Eticas (Espagne), Data Justice Lab (UK), ITS (Brésil), AI Now (USA) et CIPESA (Ouganda), qui produisent de nombreuses études sur ces sujets.

Impact Tech

L'Impact Tech vise à engendrer des effets sociaux et environnementaux positifs en s'appuyant sur les technologies. On retrouve cette ambition aussi bien chez certaines startups que dans des entreprises sociales, ONG et organisations internationales, dans le milieu académique, dans le secteur public, et même chez certains grands groupes.

Pourtant, tout le monde n'aime pas le terme « impact ». De nombreux investisseurs et entrepreneurs, pourtant guidés par une mission sociétale, nous ont rapporté qu'ils évitaient l'usage d'un terme qu'ils jugent trop chargé en connotations. Leur crainte principale : celui-ci pourrait communiquer implicitement que les retours financiers seront médiocres (ce qui est loin d'être forcément le cas), compromettant leur capacité à lever des fonds.

> *« Le terme "impact " est trop souvent associé à des retours plus faibles. Notre conviction, c'est que si vous apportez une solution aux plus grands défis mondiaux, vous devriez gagner beaucoup d'argent. Par conséquent, nous préférons éviter ce terme. »*
>
> ***Andrew Beebe,***
> *Managing Partner chez Obvious Ventures*

Autre raison : beaucoup d'entrepreneurs et investisseurs *tech* « à mission » **ne mesurent pas leur impact social et environnemental**. Ces derniers ne souhaitent donc pas endosser une responsabilité qu'ils ne peuvent assumer. Cette absence de mesure peut s'expliquer par plusieurs facteurs : (1) les méthodes méconnues ; (2) des ressources trop limitées s'y consacrer, surtout en phase d'amorçage ; (3) un manque d'outils adaptés à un contexte d'innovation ou un secteur donné ; et (4) certains estiment que l'intention est suffisante, et que la mesure d'impact est un fardeau.

Nous comprenons ces obstacles, mais nous pensons qu'il existe un moyen de les surmonter, ce qui nous essaierons au Chapitre 5.

En parallèle, les ONG, fondations et entreprises sociales ont parfois des réserves sur l'emploi des termes « impact » et « *for good* » par des entreprises à but lucratif — parfois de manière trompeuse. Par ailleurs, certains problèmes sociétaux ne peuvent être résolus uniquement par des solutions commerciales. C'est particulièrement vrai dans l'éduction et la santé, où seuls les services publics ont prouvé leur caractère universel.

« Il existe un fossé énorme entre ceux qui comprennent les possibilités offertes par des technologies, comme les satellites par exemple, et ceux qui comprennent réellement les problèmes sociaux et environnementaux. Mon rôle est de relier ces deux groupes. »

Bruno Sanchez-Andrade Nuño,
ex-VP Social Impact chez Satellogic

Malgré ces inquiétudes, nous observons des signes encourageans de convergence entre les deux versants de l'Impact Tech.

Photo: NASA

2.2 Facteurs de croissance

Le mouvement Impact Tech résulte d'une convergence d'idées, de talents et de ressources provenant des secteurs de la *tech* et de l'impact.

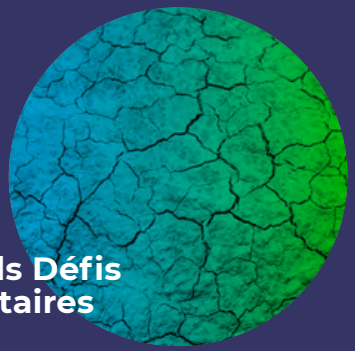
Nous avons identifié six facteurs clés qui le sous-tendent.

Facteurs Clés

1. **De La Tech Vers L'Impact**

2. **De L'Impact Vers La Tech**

3. **Science Et Technologies Émergentes**



4. **Grands Défis Planétaires**

5. **Incitations Économiques**

6. **Influence Des Jeunes Générations**

Photos: ***1.*** *Fairphone* ***2.*** *Neil Palmer* ***3.*** *Ousa Chea* ***4.*** *Dan Gold* ***5.*** *Aditya Vyas* ***6.*** *Jonathan Kempe*

De La *Tech* Vers L'Impact

Ces dernières années, un nombre croissant d'entrepreneurs *tech* à succès ont réinvesti des sommes importantes dans des projets à impact social et environnemental. Bien que parfois critiqué et perçu comme une stratégie de communication, ou financièrement intéressée, ce phénomène contribue néanmoins à acheminer capitaux, compétences *tech* et expérience entrepeneuriale vers les projets à impact.

Les milliardaires de la *tech* figurent parmi les principaux contributeurs dans la philanthropie et l'*impact investing*. Aux États-Unis, la philanthropie issue de la tech représente 60 % des 14,7 milliards de dollars de dons attribuables aux 50 plus grands donateurs. Au-delà des grandes fortunes, le Founders Pledge encourage chaque entrepreneur à reverser un pourcentage de ses plus-values à une cause sociétale. Enfin, l'investissement à impact est aussi perçu comme un moyen de mettre ses ressources au service de la résolution de défis sociétaux.

Une partie importante de ces dons et investissements est dirigée vers des entrepreneurs, inventeurs et ONG utilisant la science et la technologie pour répondre **aux défis planétaires :** santé mondiale, changement climatique, etc. Citons parmi les plus connus, et de façon non exhaustive : la Gates Foundation, la Chan-Zuckerberg Initiative, Omidyar Network et la Sköll Foundation (Pierre Omidyar et Jeff Sköll d'eBay), Obvious Ventures (Ev Williams de Medium), Kapor Capital (Mitch Kapor de Lotus), la Case Foundation (Steve et Jean Case d'AOL), Khosla Impact (Vinod Khosla de Sun), Norrsken (Niklas Adalberth de Klarna), Zennström Philanthropies (Niklas Zennström de Skype), Schmidt Futures et la Schmidt Foundation (Eric Schmidt de Google), OSFund (Bryan Johnson de Braintree), les fondations Moore et Dell, ou encore Marc Benioff (Salesforce).

D'autres entrepreneurs choisissent de lancer eux-mêmes une entreprise à mission. Malgré les événements ayant entaché sa réputation, Elon Musk a longtemps été cité commme exemple d'entrepreneur réinvestissant ses gains dans les énergies et la mobilité décarbonés. Les médias *tech* comme TechCrunch sont d'ailleurs de plus en plus friands de sujets Impact Tech. Mike Butcher, rédacteur en chef du magazine, a lui-même lancé Techfugees au plus fort du conflit syrien, afin de catalyser les réponses de la communauté *tech* aux besoins des populations déplacées.

Enfin, les incubateurs, accélérateurs, *company builders* et autres *bootcamps* dédiés à l'Impact Tech sont en plein essor. Citons par exemple Katapult (Norvège), ImpacTech (Singapour, Thaïlande), Zinc (UK), BitsxBites (Chine), MakeSense (France), CcHub (Nigeria), Norrsken (Suède), Ship2B (Espagne) et Liberté Living-Lab (France). Certains comme Bethnal Green Ventures (UK), VentureWell (USA), Unreasonable (USA) et Village Capital (USA) sont d'ailleurs engagés depuis plus de 10 ans.

« Nous sommes très intéressés par les entreprises qui s'attaquent aux problèmes complexes dans les domaines de l'énergie, de l'eau, de la santé, ou de la conservation. Nous avons maintenant des programmes entièrement dédiés à ces secteurs. »

David Cohen,
Fondateur et co-CEO de TechStars

Plus révélateur encore : un nombre croissant d'acteurs établis de l'écosystème startup s'intéressent à l'Impact Tech. Certains pionniers de l'accélération comme TechStars (USA) et Rockstart (Pays-Bas) ont lancé des programmes sur l'énergie, l'alimentation, l'impact social et la conservation. Y-Combinator (USA) a récemment lancé un appel aux startups et projets d'innovation radicale pour l'élimination du CO2 atmospérique (voir ODD 13). L'entreprise promouvant la méthode Lean Startup dispose désormais d'un programme Lean Impact, et la célèbre mais parfois controversée Singularity University (USA) a intégré les *global grand challenges* dans son positionnement depuis plusieurs années.

Photo: Matthieu Young

De L'Impact Vers La *Tech*

Des ONG aux entrepreneurs sociaux, en passant par les fondations et les acteurs du développement, le « secteur de l'impact » traditionnel s'intéresse de plus en plus à l'effet de levier apporté par les technologies.

Beaucoup de fondations voient dans la technologie un catalyseur de changement social, et leur dédient des programmes de financement. Parmi les grands noms américains, citons la Fondation Ford ou la Fondation Rockefeller. Au Royaume-Uni, Comic Relief et la Fondation Paul Hamlyn ont lancé un programme Tech For Good commun, tandis qu'en Amérique Latine, la Fundación Avina s'est associée à Omidyar Network sur l'Alliance latino-américaine pour la technologie civique (ALTEC). D'autres acteurs comme PRIME Coalition mobilisent des fonds philanthropiques pour soutenir des solutions climatiques issues de la recherche scientifique. Dans une publication rédigée avec PRIME, la MIT Innovation Initiative écrit : *« En s'appuyant sur leur expertise approfondie des enjeux sociétaux, les fondations peuvent et doivent franchir une nouvelle étape : utiliser leurs ressources pour aider l'innovation scientifique à porter ses fruits. »*

Plusieurs ONG et associations développent leurs compétences *tech* ou s'associent à des acteurs du secteur pour développer de nouvelles solutions. Le WWF développe des technologies pour la conservation des écosystèmes en lien avec Google et d'autres partenaires. Amnesty International a collaboré avec des fournisseurs d'images satellites et des producteurs de réalité virtuelle pour documenter les violations des droits humains en Birmanie, pendant la crise des Rohingyas. FHI 360 a créé son propre laboratoire d'innovation dans le cadre de ses travaux dans le domaine de la santé et du bien-être. Enfin, citons le programme CAST (UK) qui accompagne les associations et ONG dans le développement de services numériques et le renforcement de leurs capacités techniques.

« Nous devons aider les organisations du secteur social et les institutions publiques à moderniser leur action pour une société déjà numérisée, et pour se préparer au futur. La technologie est un cheval de Troie pour enclencher une refonte structurelle de ces organisations. »

Cassie Robinson,
Head of Digital Grand Making chez The National Lottery Community Fund

Les organisations internationales et les agences de développement **sembler aussi adhérer** à l'idée que la **technologie les aidera à mieux accomplir leur mission**, comme évoqué au Chapitre 2.4. Beaucoup ont créé des départements dédiés, comme le GIZ Blockchain Lab ou UNICEF Innovation. Ce dernier est chargé d'dentifier, prototyper, financer et déployer des solutions *tech* qui amplifient le travail de l'UNICEF en faveur des enfants.

Rappelons également que certaines des plus grandes réussites de l'entrepreneuriat social ont été rendues possibles par la technologie. Parmi les anciens lauréats du prestigieux Sköll Award pour l'entrepreneuriat social, figurent Kiva, plateforme de prêt participatif pour les entrepreneurs à faibles revenus, SELCO, pionnier indien de l'énergie solaire, Khan Academy, pionnier de l'éducation en ligne, et Code For America, qui aide les gouvernements à fournir de meilleurs services numériques.

« Chez Ashoka, nous rencontrons de plus en plus de scientifiques s'attaquant aux problèmes systémiques. Nous les appelons les "social sci-preneurs" et nous efforçons de les soutenir et les accompagner à travers notre réseau. »

Bill Carter,
Membre fondateur du conseil d'administration d'Ashoka

Plusieurs organisations soutenant l'entrepreneuriat social depuis des années accordent une importance croissante à la technologie. Par exemple, Ashoka a créé un programme Tech For Good sur le campus de startups Station F à Paris, et promeut l'entrepreneuriat scientifique et social, ou *sci-preneurship*. Parmi les initiatives plus récentes, portées par une génération qui a grandi avec le numérique, citons MakeSense, qui se focalise essentiellement sur les entreprises sociales numériques.

Photo: Faircap

Science Et Technologies Émergentes

Les technologies émergentes et l'essor de l'entrepreneuriat scientifique (voir section 2.3 sur les *deep-tech*) offrent un large éventail de leviers face aux grands défis planétaires, que le numérique seul ne saurait fournir.

Par exemple, la biologie synthétique et les sciences des matériaux pourraient généraliser les produits biofabriqués ou dérivés de CO2 capturé, remplaçant les matières d'origine fossile. Le *machine learning* permettrait d'exploiter le potentiel du microbiote des plantes et des sols pour nourrir 10 milliards de personnes sans pesticides et engrais de synthèse. Enfin, l'imagerie satellite et l'analyse de données pourraient aider les communautés vulnérables à renforcer leur résilience face aux changements climatiques.

« De la biologie synthétique à l'intelligence artificielle en passant par les nouveaux matériaux, la deep-tech pourrait nous aider à re-créer une symbiose entre les humains et l'environnement, et à restaurer ce que nous avons détérioré dans le passé. »

Arnaud de la Tour,
Cofondateur et CEO de Hello Tomorrow

Une part importante de ce potentiel reste inconnu aujourd'hui, mais le progrès technologique se poursuit à un rythme effréné. Plusieurs facteurs expliquent cette accélération, auxquels la CNUCED fait référence dans *Frontier Technologies for Sustainable Development* (2018) :

- La loi de Moore et la croissance exponentielle de la puissance de calcul informatique
- Les technologies combinatoires qui tirent parti l'une de l'autre, de l'édition génomique au machine learning et aux nanomatériaux
- L'apparition de nouvelles plateformes technologiques avec un impact similaires à l'Internet et au GPS, sur lesquelles reposera toute une nouvelle gamme d'applications (voir 2.3)
- La baisse des coûts des expériences scientifiques et de la création d'entreprise, abaissant la barrière à l'entrepreneuriat *deep-tech*

Les Grands Défis Planétaires

Les défis auxquels l'humanité est confrontée sont d'une ampleur sans précédent, mais jamais n'avions-nous les idées aussi claires sur la façon de les relever. En 2015, les pays membres des Nations Unies se sont engagés à réaliser les 17 Objectifs de développement durable d'ici 2030, ainsi qu'à respecter l'Accord de Paris, qui vise à limiter le réchauffement climatique bien en-dessous de 2°C, et idéalement 1,5°C.

« Les ODD sont une des feuilles de route les plus ambitieuses pour améliorer la vie des peuples et inverser le cours du changement climatique. Cependant, la stratégie des petits pas ne suffira pas. Les grandes entreprises comprennent que c'est au croisement des technologies émergentes, de nouveaux business models et de mentalités ouvertes que nous inventerons les solutions radicales aux Objectifs mondiaux. »

Rosedel Davies-Adewebi,
ancienne Responsable de l'innovation au Pacte mondial de l'ONU

Les ODD sont un catalyseur d'innovation et de coopération entre secteurs public et privé. Ils sont ce qui se rapproche le plus d'une « stratégie mondiale, » et fournissent un langage commun aux entreprises, gouvernements, investisseurs, citoyens et universitaires pour co-créer des solutions. Bien que le déficit annuel d'investissement dans les ODD s'élève à 2 500 milliards de dollars, ces Objectifs pointent vers les lacunes du marché, les besoins en matière de développement et les priorités d'investissements. Selon la Global Reporting Initiative, les ODD *« fournissent une feuille de route aux entreprises pour identifier les opportunités et gérer les risques ».*

Photo: Markus Spiske

Banning Garrett, prospectiviste et professeur à la Singularity University résume : *« la technologie permet de répondre aux ODD de manière plus rapide, plus efficace, et avec un moyen de passage à l'échelle. »* La plupart des Objectifs contiennent des cibles technologiques à vocation transversale. Au sujet de la crise climatique, Exponential Roadmap estime que la technologie *« pourrait bien être le plus grand joker de la transformation économique [nécessaire] »* pour contenir le réchauffement climatique dans le cadre des objectifs de l'Accord de Paris.

Des Incitations Économiques Sans Égal

De nombreux économistes, scientifiques et penseurs contemporains ont soutenu que le capitalisme, ou du moins sa forme actuelle reposant sur une croissance infinie et la maximisation du profit, n'est pas compatible avec les limites planétaires. Une publication récente commandée par l'ONU indique même que *« nous sommes entrés dans une nouvelle phase imprévisible et inédite, pour laquelle la boîte à outils économique classique ne fournit aucune solution »*. Si la recherche d'un système pérenne est sans doute nécessaire, il est déjà possible, et opportun, d'exploiter au maximum les forces du marché pour le bien commun. Deux facteurs nous invitent à espérer.

Premièrement, l'opportunité économique associée aux ODD est colossale : 12 000 milliards de dollars et 380 millions d'emplois. C'est l'estimation du marché annuel des solutions aux ODD dans quatre secteurs (alimentation, villes, santé, énergie/matériaux), selon le rapport *Better Business, Better World*, co-présidé par l'ancien PDG d'Unilever, Paul Polman. Initiée à Davos par un panel de grands groupes, organisations internationales et représentants de la société civile, cette publication estime que « *le bénéfice économique total généré par la réalisation des Objectifs mondiaux pourrait être deux à trois fois supérieur à cette somme.* »

> *« La plus grande création de valeur des 50 prochaines années proviendra d'entreprises qui apportent des réponses aux grands besoins mondiaux. »*
>
> ***Alexandre Terrien,***
> *Founding Partner chez Future Positive Capital*

Deuxièmement, les marchés financiers pourraient progressivement s'orienter vers l'investissement durable, qui est aligné avec les intérêts long-terme des détenteurs de capitaux. Les investisseurs institutionnels, qui gèrent des actifs financiers s'élevant en centaines, voire en milliers de milliards (ex. fonds de pension), ont une double motivation. Premièrement, les opportunités économiques sont attractives dans un contexte où « *le capital surabondant sera en quête de bonnes idées d'investissement pendant des années.* » Ce qui fait dire à certains que le travail réalisé pour les ODD est rien de moins qu'n « *cadeau pour les investisseurs* ».

Deuxièmement, les détenteurs d'importants actifs financiers doivent se prémunir contre les risques systémiques, tels que les impacts de la crise climatique, et d'autres risques d'instabilité (pénuries d'eau, inégalités sociales, effondrement de la biodiversité, etc.) auxquels les ODD apportent des réponses. Un essai co-rédigé par PGGM, un des plus gros fonds de pension européens, met en garde contre les « risques linéaires » découlant de pratiques comme l'utilisation de ressources non renouvelables et la vente de matières premières vierges. Lors de la COP24 à Katowice, plus de 400 investisseurs représentant 32 mille milliards de dollars d'actifs ont exhorté les gouvernements à réduire drastiquement les émissions, fermer les centrales à charbon, éliminer les subventions aux énergies fossiles, et instituer une taxe carbone élevée, pour prévenir un effondrement du système financier.

Millennials Et Nouvelles Générations

Si nombre de consultants *Web 2.0* ont sans doute fait un usage excessif de cet argument, il est impossible d'ignorer l'influence croissante des *millennials* de la génération Y (et la génération Z qui lui succède).

Les *millennials* ont des attentes élevées envers les entreprises dont ils sont clients et pour lesquelles ils travaillent. 73 % des *millennials* sont prêts à payer davantage pour des produits durables (Nielsen 2015). Alors que 43 % prévoient de quitter leur emploi au cours des deux prochaines années (Deloitte 2018), 83 % seraient plus fidèles à une entreprise leur permettant de résoudre des défis sociaux et environnementaux (Cone 2016). Unilever a constaté que son *Sustainable Living Plan* constitute une des principales motivation pour 60 % des postulants de moins de 40 ans ayant répondu à leurs offres d'emploi. Fin 2018, près de 30 000 étudiants français ont signé le Manifeste étudiant pour un réveil écologique, s'engageant publiquement à ne pas travailler pour des entreprises polluantes.

Autre facteur déterminant : le transfert progressif des richesses privées vers les *millennials*. Accenture estime qu'au cours des 30 à 40 prochaines années, le transfert intergénérationnel de richesses entre baby-boomers et *millennials* s'élèvera à 30 000 milliards de dollars rien qu'en Amérique du Nord, amplifiant l'influence des nouvelles générations. Un sondage réalisé par le Morgan Stanley Institute for Sustainable Investing indique que les *millennials* américains sont deux fois plus susceptibles que leurs aînés d'investir dans des entreprises et des fonds à impact sociétal.

Élevés **au rythme de la révolution numérique, les *millennials* sont souvent assez technophiles**. Selon plusieurs études, investir dans les dernières technologies est un facteur essentiel pour attirer et retenir les talents. On peut faire le pari que les nouvelles générations, souhaitant à la fois avoir un impact positif sur le monde et tirer parti du potentiel offert par la technologie, deviennent les fers de lance du mouvement Impact Tech.

Photo: Jonathan Kemper

2.3 Stratégies Impact Tech

Il existe de nombreuses manières de répondre à des problèmes sociaux et environnementaux avec la technologie. Cette section met en lumière plusieurs tensions que nous avons observées entre différentes stratégies.

Tensions

- Techno Push ↔ Demand Pull
- Causes racines ↔ Symptômes
- Impact profond ↔ Impact à grande échelle
- Innovation ↔ Réplication
- Startup ↔ Approche systémique
- Low-tech ↔ Deep-tech
- Plateformes ↔ Applications
- Impact d'abord ↔ Finances d'abord

Techno Push vs Demand Pull

Depuis les années 1960, les professeurs en management débatent : les innovation à succès résultent-t-elles davantage des avancées technologiques *(techno push)* ou d'une réponse aux besoins *(market* ou *demand pull)* ?

En premier lieu, les acteurs *tech* se doivent a minima de répondre aux attentes de la société, sur l'atténuation des conséquences négatives de la technologie, par exemple via une cybersécurité efficace, la réduction des déchets électroniques ou des algorithmes équitables (voir Chapitre 4). Nous avons qualifié cette approche de *Responsible Tech*.

Apporter une solution à un problème social ou environnemental passe avant tout par sa compréhension. Malheureusement, beaucoup des personnes interrogées soulignent que les innovateurs Impact Tech manquent parfois de connaissance approfondie du problème. Utiliser des capteurs et autres *blockchains* pour résoudre un problème social est susceptible d'attirer certains investisseurs avides de *buzzwords*, mais sans vision systémique, ces efforts ne mèneront pas bien loin.

« Si vous disposez d'une quantité X de ressources, dépensez-en 60 % pour comprendre le problème, et le reste pour le résoudre. »

Maurizio Vecchione,
Executive VP chez Intellectual Ventures Global Good

La route de l'échec est pavée de bonnes intentions. Rien ne remplace une recherche approfondie sur le besoin, pas même une noble cause. Le projet One Laptop Per Child en est une illustration : malgré un million d'ordinateurs déployés au Pérou, le projet a échoué à améliorer le niveau d'éducation des enfants. Les coûts élevés, des problèmes logisqtiques, et une formation insuffisante des enfants et des enseignants auront eu raison de lui. Une version plus modeste du programme en Uruguay, le Plan Ceibal, a toutefois permis de réduire la fracture numérique.

Autre exemple mentionné par Maurizio Vecchione de Intellectual Ventures Global Good : une entreprise proposant une technologie *low-cost* de séchage du poisson aux habitants d'un village de pêcheurs en Afrique. Problème : ces pêcheurs étant payés au poids et non au nombre de poissons, la solution aurait diminué leurs revenus au lieu de les augmenter.

Le design centré sur l'être humain (HCD pour *Human-Centered Design*) fait partie des approches aidant la compréhension du problème et la conception de solutions pertinentes. Le processus suit quatre étapes : (1) se mettre à la place des utilisateurs et des communautés touchées par le problème, (2) réfléchir aux solutions avec les parties concernées, (3) user du prototypage rapide pour tester les meilleures idées à moindre coût, et (4) lancer un programme pilote auprès d'une population restreinte.

« Il est facile d'avoir de nouvelles idées, mais il ne faut pas négliger les utilisateurs ni le contexte général dans lequel elles s'inscrivent. Le bon design repose sur une compréhension rigoureuse du problème, afin de répondre aux besoins des individus en respectant les ressources de notre planète. »

Liza Chong,
CEO de The Index Project

Photo: One Laptop Per Child

Certaines organisations soutiennent les innovateurs de l'Impact Tech dans le processus de « définition du besoin ». Catapult Design propose son expertise en design stratégique aux entreprises sociales, idéalement avant même la phase de création. Spécialisé dans les services aux populations à faible revenu, l'incubateur Blue Ridge Labs à Brooklyn met les entrepreneurs en contact direct avec les utilisateurs des quartiers défavorisés. À Londres, Science Practice aide les entrepreneurs à identifier les *bons problèmes* que la science pourrait résoudre, et conseille les entreprises et gouvernements dans la gestion de leurs appels à projet.

Cependant, le design requiert aussi une vision prospective. Le HCD est parfois critiqué pour son *« incapacité à repousser les limites des technologies disponibles, car il élabore des solutions aux besoins actuels en ignorant les potentielles solutions futures »*. Comme le disait Henry Ford : *« Si j'avais demandé aux gens ce qu'ils voulaient, ils m'auraient répondu : des chevaux plus rapides. »* La collaboration entre designers, scientifiques et entrepreneurs peut aider à combler cette lacune.

Notons aussi que de nombreuses innovations ayant sauvé des vies sont le fruit d'avancées technologiques : certaines comme la pénicilline proviennent de découvertes inattendues, tandis que d'autres découlent de projets scientifiques de grande envergure. Le Projet de génome humain, en grande à l'origine des progrès en médecine moléculaire, a nécessité la collaboration d'une vingtaine d'institutions de six pays pendant 14 ans.

Les gouvernements peuvent aussi orienter les politique d'innovation vers les Objectifs de développement durable. Mariana Mazzucato, directrice de l'Institut pour l'Innovation et l'Utilité Publique de UCL, préconise « la recherche et l'innovation orientées mission » dans son rapport pour la Commission Européenne en 2018. L'objectif est *« d'orienter le pouvoir de la recherche et de l'innovation [afin de] trouver des solutions innovantes aux défis les plus urgents de notre époque »*.

L'Impact Tech peut résulter d'une approche *techno push* comme *demand pull*, et le plus souvent d'une combinaison des deux.

Causes Racines vs Symptômes

Faut-il s'attaquer en priorité aux effets d'un problème ou à ses causes racines les plus profondes ? La pollution de l'air cause sept millions de décès chaque année et il est urgent de réduire les dégâts, avec des masques antipollution ou des purificateurs d'air géants. Cependant, il est aussi impératif de traiter les causes racines de la pollution atmosphérique : les émissions des véhicules, les centrales électriques à combustibles fossiles et les installations industrielles.

De la même façon, Ocean Cleanup utilise un filet géant pour ramasser le plastique des océans, un problème inextricable nécessitant une réponse de grande envergure. Cette approche, qui s'attaque aux symptômes de la pollution plastique, a suscité plusieurs critiques. La résolution long-terme du problème nécessiterait une transition vers une économie circulaire prévoyant la réduction ou la réutilisation des emballages, la fin des plastiques à usage unique et la migration vers des matériaux biodégradables en milieu marin.

Ces deux cas illustrent l'impératif de se focaliser sur les causes racines des problèmes. Cependant, il est trop simpliste de rejeter les « réponses aux symptômes ». Par analogie avec le corps humain, le traitement des symptômes peut répondre à un besoin immédiat en soulageant la douleur, dès l'instant qu"il ne compromette pas la guérison complète.

Afin de lutter efficacement contre les causes profondes des problèmes, les entrepreneurs de l'Impact Tech doivent adopter une approche systémique et tirer parti de l'analyse des causes racines.

Impact Profond vs Impact À Grande Échelle

Impact Management Project définit la profondeur comme *« le degré de changement social ou environnemental ressenti par les parties prenantes »* et l'ampleur comme *« le nombre de personnes concernées ».* Ainsi, réduire de moitié les émissions de CO2 d'un quartier urbain serait un impact profond, tandis que 15 % de gains d'efficacité énergétique dans toute la Chine serait un impact de grande ampleur. Autre exemple, implanter un *makerspace* au sein d'un bidonville ou d'une zone rurale éloignée peut avoir un impact transformateur (de grande profondeur) si les populations s'approprient les outils pour développer des solutions à leurs besoins. Un tel projet demeurera très local (faible ampleur) s'il n'est pas répliqué.

Les acteurs Impact Tech doivent constamment trouver l'équilibre entre l'ampleur et la profondeur de leur impact, afin de consolider leur mission et leur ambition dans la durée. Ce n'est pas chose facile.

Lorsqu'ils y mettent les moyens, les initiatives des grands groupes dans le développement durable peuvent atteindre une ampleur conséquente. Néanmoins, beaucoup n'ont pas la profondeur d'impact requise face aux problèmes. Afin d'inciter ces entreprises à rehausser leur ambitions, la Science-Based Targets Initiative les invite à fixer des objectifs climatiques, alignés sur les sciences du climat, plutôt que des cibles internes.

Un impact profond et à grande échelle est le graal de l'Impact Tech. C'est une amb**ition typique du *Moonshot Thinking***, popularisé par certaines entreprises de la Silicon Valley comme X, filiale d'Alphabet X (anciennement Google X), ou Singularity University. Cette dernière ambitionne *« un impact positif sur un milliard de personnes »* avec une approche *« facteur 10 plutôt que 10 % ».* Parmi les exemples historiques, citons les plateformes comme Internet et le GPS, ou les applications comme Wikipédia et l'ampoule électrique. La Fing appelle « Innovation Facteur 4 » ces *moonshots* environnementaux, combinant profondeur, grande échelle et réduction des externalités négatives.

Photo: Eric Parker

Basé à Mumbai et Berkeley, l'Institute For Transformative Technologies (ITT) a mis au point une méthode pour créer des projets technologiques avec un impact à la fois profond et de grande ampleur. Ayant pré-identifié des avancées technologiques qui pourraient aider à réduire la pauvreté (ex. la réfrigération à très bas prix), l'équipe ITT explore le monde à la recherche d'inventions répondant à ces critères. Ils travaillent ensuite avec des designers pour transformer ces inventions en produits abordables, attrayants et robustes. Ces derniers sont alors déployés à grande échelle via des partenariats avec des entreprises comme Tata Group.

« Il est difficile pour les petites organisations de réaliser des économies d'échelle sur du produit hardware. Même dans les pays industrialisés, les startups hardware s'appuient sur les supply chains des grandes entreprises pour être financièrement viables. Certains grands groupes dans les marchés émergents offrent des leviers similaires : il est crucial pour les innovateurs Impact Tech d'identifier ces entreprises et de s'associer avec elles. »

Shashi Buluswar,
CEO de l'Institute for Transformative Technologies

Durant leur croissance, les entreprises Impact Tech devront jongler entre ampleur et profondeur de l'impact, toutes deux étant des stratégies valables. Un impact simultanément profond et de grande ampleur est possible, et devrait être célébré. Toutefois, il faut reconnaître que cela constitue plutôt l'exception que la règle.

Innovation vs Réplication

Un sujet fort clivant est celui de la place accordée à l'innovation. Certains la trouvent adulée à tort : *« l'innovation attire tous les éloges et les gros titres [sans le mériter] »* selon Kevin Starr, directeur de la Mulago Foundation. Dans un article critique publié dans la SSIR, ce dernier s'en prend aux *innovation labs* ouverts par les ONG, et aux financeurs obsédés par les idées à la mode : *« Le défi le plus urgent du secteur social n'est pas l'innovation, mais la réplication. Aucune idée n'aura un impact à grande échelle, si elle n'est pas déployée par de nombreuses organisations. Beaucoup d'idées à fort impact sont en attente d'une réplication de qualité. »*

Plusieurs structures se sont spécialisées dans la recherche, l'évaluation et la diffusion de solutions éprouvées. Le Technology Exchange Lab héberge une base de données participative de 650 technologies permettant de lutter contre la pauvreté. L'organisation travaille avec les fournisseurs de ces solutions, les communautés locales et des ONG, afin de concevoir et déployer des réponses pertinentes aux problèmes « du dernier kilomètre. » ImpactOn a une approche similaire. D'autres comme le Global Opportunity Explorer de Sustainia, ou la Fondation Solar Impulse, alimentent une plateforme de solutions afin pour but d'apporter des opportunités commerciales aux entrepreneurs.

« Le véritable besoin d'innovation n'est pas sur la technologie, mais sur la mise en œuvre. »

Brennan Lake,
ex-Directeur du Technology Exchange Lab

Parmi les autres initiatives notables, citons la plateforme (en développement) du Mécanisme de facilitation pour la technologie de l'ONU ou encore l'approche de Sphaera, qui décompose les projets et les idées en plusieurs « briques » réutilisables d'un secteur à l'autre (ex. de la santé à l'agriculture). Cette approche modulaire rappelle la philosophie de l'*open source* qui promeut la libre diffusion des connaissances : *open data*, logiciel libre, *open hardware*, ou publications scientifiques en *open access*.

Cependant, des obstacles substantiels freinent la réplication de solutions éprouvées. Au premier plan, le manque de mécanismes de financement appropriés pour les projets « pas assez innovants » pour les investisseurs et fondations, ou « trop petits » pour être éligible à la finance projet. Certains outils répondent à cet enjeu, tels que les structures de fonds alternatives pour les infrastructures décentralisées, ou des concours comme le D-Prize, lequel finance les « innovations de distribution » améliorant l'accès aux solutions éprouvées contre la pauvreté.

En fin de compte, innovation et réplication ont une importance égale. Il nous faut répondre sans tarder aux défis mondiaux du climat et de la santé mondiale, en tirant parti des solutions existantes. Pourtant, même les meilleurs technologies actuelles ont leur limites, que ce soit pour décarboner à une échelle suffisante, ou pour éradiquer la malaria. La plateforme de solutions climatiques Project Drawdown est un bon exemple d'approche équilibrée : celle-ci recense 80 solutions prouvées à la crise climatique, mais aussi 20 « attractions à venir, » des technologies émergentes qui pourraient aider à contenir le réchauffement en-dessous de 1,5°C.

Startup vs Approche Systémique

Face à un problème colossal, quelle est la stratégie la plus efficace ? En fait, tout dépend : les startups *tech* et les initiatives systémiques offrent des approches très complémentaires, qui visent à résoudre des types de problèmes différents.

Les startups excellent dans la résolution d'un problème précis, avec un fort potentiel commercial. C'est par exemple le cas d'une technologie de purification d'eau, ou d'une solution de financement pour les petits exploitants agricoles. Les canons de la Silicon Valley invitent les entrepreneurs *tech* à développer de façon itérative un produit répondant au problème (« *Lean Startup* ») puis à croître le plus rapidement possible (« *blitzscaling* »). Cette vision colle davantage aux startups numérique que *deep-tech*.

Par contraste, les « initiatives systémiques » visent à engendrer une **dynamique collective avec diverses parties prenantes, afin de produire un impact collectif.** Elles reposent souvent sur une entité facilitatrice qui agit comme une « courroie de transmission, » afin de s'assurer que les intérêts de chacun sont alignés : entreprises, ONG, gouvernements, académiques, ou agences de développement. Ce travail de coordination est parfois désigné par le terme « entrepreneuriat systémique. » Il peut être effectué par des institutions comme les agences onusiennes, la Fondation Ellen MacArthur, le Forum économique mondial, ou Forum For The Future ; par des collectifs de philanthropes comme Co-Impact ;ou par des accélérateurs comme Uncharted. Dans certains cas, une startup peut aussi être amenée à jouer un rôle similaire pour mener une coalition.

Photo: Ashok Boghani

Aucun acteur seul ne pourra résoudre **la crise climatique, éliminer la faim dans le monde, ou adapter les villes aux défis du XXIème siècle.** Ces problèmes inextricables, ou *wicked problems*, résistent aux solutions simples et exigent des réponses holistiques. Les startups Impact Tech jouent un rôle essentiel dans la fourniture de nouveaux leviers, tandis que les initiatives systémiques permettent d'aligner des intérêts multiples, et parfois divergents, au sein de coalitions puissantes — pouvant activer des leviers politiques et de changement de pratiques. C'est en combinant ces approches qu'un changement systémique sera possible.

« Beaucoup des "wicked problems" sont à la fois complexes et interdépendants. Il n'existe aucune baguette magique, aucune startup, aucune intervention qui puisse parvenir au changement requis à elle seule. Nous avons besoin d'un nouveau modèle d'innovation, où la "théorie du changement" ne se réduise pas à services délivrés en silos, mais s'appuie sur des innovations coordonnées, collaboratives et institutionnelles. »

Indy Johar,
Cofondateur de 00 et Dark Matter Labs, Conseiller du PNUD

Low-Tech vs Deep-Tech

Le niveau de complexité technologique est un facteur très variable parmi les stratégies Impact Tech. Le spectre oppose générale les hautes technologies *(high tech, deep tech)*, qui reposent sur une R&D intensive (ex. informatique, biologie), et les basses technologies *(low-tech)*, qui s'appuient sur des outils simples et frugaux en ressources (ex. vélos, concentrateurs solaires).

Les partisans des *low-tech* soulignent leur très grande accessibilité, qui s'explique par leurs faibles coûts, leur robustesse, leur facilité d'entretien, et leur capacité à fonctionner en l'absence d'infrastructure et dans un milieu aux ressources limitées. L'association Low-Tech Lab (France) vise à documenter les innovations *low-tech* afin de maximiser leur réplication. L'ingénieur et auteur Philippe Bihouix considère quant à lui que les *low-tech* sont préférables, du fait de la raréfaction des ressources métalliques dont dépend la *high-tech* (voir Chapitre 4.1 sur la durabilité de l'électronique).

Le concept de technologies appropriées, popularisé par E.F. Schumacher dans *Small is Beautiful* (initialement par « technologies intermédiaires »), tente de combler l'écart entre *low* et *high-tech*. L'idée est de promouvoir **le niveau de complexité technique le plus adapté à l'objectif visé, en réduisant le coût social et écologique pour qu'il soit acceptable.** Des acteurs comme Engineering for Change et Practical Action font partie de ses principaux porte-étendards contemporains. Ces derniers se concentrent sur l'amélioration des conditions de vie dans les pays en développement, avec une utilisation la plus efficace et durable possible des technologies, et un recours fréquent à l'*open source*. Parmi les exemples entrepreneuriaux, citons les plateformes SMS pour les paiements mobiles à l'instar de M-Pesa, ou pour le partage d'informations entre petits exploitants agricoles sans accès à Internet, comme WeFarm.

Les technologies appropriées sont souvent le vecteur d'une innovation inclusive, populaire et frugale, s'appuyant sur les ressources disponibles localement, et sur l'implication des communautés locales. *« l'utilisateur final sait immédiatement si une solution fonctionne ou pas, »* résume Sanjana Govindan, cofondatrice d'Enable Makeathon, qui facilite le développement de technologies pour le handicap en Inde. Dans son rapport de 2018, la CNUCED fait expressément référence à ces approches, reconnaissant la diversité des manières dont la technologie peut contribuer aux ODD.

A l'opposé du spectre, le terme *deep-tech* a émergé ces dernières années pour désigner les nouvelles frontières de la haute technologie. Swati Chaturvedi de Propel(x) définit la *deep-tech* ainsi : *« les entreprises reposant sur une découverte scientifique ou une avancée technologique majeure »* — par opposition à celles qui ont recours à des technologies déjà accessibles, y compris la majorité des startups Internet, ou les acteurs « IA » qui réutilisent des algorithmes *open source*.

La *deep-tech* englobe de nombreuses disciplines : biotechnologies, sciences des matériaux, *cleantech* et production d'énergie, appareils médicaux, nanotechnologies, photonique, semiconducteurs, technologies spatiales, informatique quantique, ou encore le *« deep software, »* à savoir les percées dans l'intelligence artificielle et les *blockchains*. Le terme *deep-tech* est devenu populaire dans le milieu des startups, car « tech » était devenu trop vague : certains investisseurs ont ressenti le besoin de distinguer les entreprises édifiées sur une propriété intellectuelle différenciée.

De nombreuses entreprises *deep-tech* développent des réponses radicalement nouvelles aux grands défis sociétaux. Malgré le peu de données de comparaison avec les startups numériques, penchons-nous sur la liste des gagnants du challenge Hello Tomorrow : des drones pour une reforestation massive, un traitement contre les lésions de la moëlle épinière, des serviettes hygiéniques en fibres de résidus de banane pour les zones rurales pauvres, et une voiture électrique volante avec une forte ambition environnementale. Par ailleurs, une nouvelle génération d'investisseurs comme Fifty Years (USA) et Future Positive Capital (France/UK) ont élaboré leur thèse d'investissement sur les *deep-tech* à impact positif, tels que les matériaux bio-fabriqués et la viande cellulaire.

L'entrepreneuriat *deep-tech* jouit d'une popularité croissante dans les économies très industrialisées où les écosystèmes startups sont matures, notamment en Amérique du Nord, en Europe, en Israël, à Singapour, en Chine, voire en Inde. Les startups *deep-tech* peuvent attirer des financements plus importants que les startups numériques, même si l'intelligence artificielle explique majoritairement cette tendance.

L'entrepreneuriat scientifique est devenu plus accessible, pour deux raisons. Premièrement, les nouvelles plateformes technologiques telles que la biologie de synthèse et l'édition génomique (dont CRISPR-Cas9) ont un effet catalyseur abaissant les barrières à l'innovation — qu'on pourrait comparer à l'invention du transistor ou de l'Internet. Deuxièmement, les obstacles à la création d'entreprises *deep-tech* s'estompent. Deep Science Ventures (UK) estime que les startups scientifiques répondent souvent à une réponse directe du marché, plutôt qu'à un besoin de transfert de technologie. Les fondateurs du *company builder* soutiennent ainsi que ce type de startups émane davantage de la convergence de domaines existants, plutôt que d'une découverte scientifique. Ceci tend à abaisser les barrières à l'entrée, car la propriété intellectuelle devient moins coûteuse tout en restant défendable, et l'innovation est davantage à la portée de chercheurs plus jeunes (PhDs, Post-Docs, chercheurs en entreprise).

« Il faut dépasser le débat opposant low-tech et high-tech. Ce qui est important c'est la "wise-tech" : la technologie que l'on crée et utilise avec sagesse. »

Navi Radjou,
auteur de Jugaad Innovation

Qu'il s'agisse de *deep-tech*, *low-tech*, *high-tech* ou de technologies appropriées, les opportunités de mettre la science et la technologie au service du bien commun sont infinies — à condition de choisir avec sagesse la démarche la plus adaptée à un problème donné. Ce que le spécialiste de l'innovation frugale Navi Radjou appelle « wise-tech. »

Enfin, rappelons que l'innovation *low-tech* peut également découler de la R&D et de la *deep-tech*. Par exemple, les avancées dans la biologie et la bioinformatique permettent de mieux comprendre le microbiote des sols et son interaction avec les cultures, menant à des percées dans le domaine de l'agriculture régénératrice et de l'agroécologie.

Plateformes vs Applications

La plupart des innovations de l'*Impact Tech* répondent directement à des problèmes sociaux et environnementaux spécifiques. Ce sont donc des « applications » concrètes tirant parti des possibilités offertes par des « plateformes technologiques » — les fondations techniques permettant le développement de nombreuses autres technologies.

Les plateformes ayant engendré les transformations sociétales les plus conséquentes sont similaires aux révolutions technologiques décrites par l'économiste Carlota Perez. Parmi ces « plateformes de plateformes, » citons par exemple les semiconducteurs, l'Internet et le GPS, qui sont à l'origine de la révolution numérique depuis les années 1970. Ces technologies sont devenues les fondations d'autres plateformes, telles que le web mobile, l'Internet des objets et l'intelligence artificielle.

« L'IA sera présente partout, comme l'électricité. Aujourd'hui, les IA vocale rendent la technologie accessible aux personnes illétrées. »

Banning Garrett,
prospectiviste, professeur à la Singularity University

Les plateformes technologiques contribuent à façonner la société, et fournissent de nouveaux outils pour bâtir un futur meilleur. Il est donc vital de s'assurer qu'elles évoluent dans le bon sens. Certains comme OpenAI et la Fondation BioBricks s'efforcent d'orienter les nouvelles plateformes comme l'IA et la biologie de synthèse pour qu'elles soient bénéfiques à l'humanité. D'autres comme SoScience préconisent que **l'évaluation d'impact** devienne la norme dans les laboratoires, suivant l'exemple de la RSE dans l'entreprise.

Photo: Roberto Nickson

« La science devrait toujours viser à servir la société. Mais les laboratoires universitaires et d'entreprise ne valorisent leurs travaux que sous l'angle économique. Il faut développer l'usage d'indicateurs sociaux dans la recherche. »

Mélanie Marcel,
Fondatrice et PDG de SoScience

Les plateformes technologiques actuelles découlent en grande partie de la recherche publique. Dans *The Entrepreneurial State*, Mariana Mazzucato écrit : *« Le secteur privé trouve le courage d'investir seulement après qu'un État entrepreneurial soit déjà intervenu pour financer ce qui était très risqué. »* L'économiste a constaté ce phénomène dans des secteurs aussi variés que le numérique, la biologie, la physique, la chimie et la science des matériaux.

En toute logique, les financements publics devraient aider à maximiser les bénéfices sociétaux des plateformes technologiques. Malheureusement, ces derniers se font plus rares. Dans un rapport intitulé *The Future Postponed* (2015) et sa suite (2017), les chercheurs du MIT ont mis en garde le gouvernement américain contre les effets de ces coupes budgétaires, insistant sur les domaines clés de la recherche fondamentale en mal de financement. Bien que la R&D d'entreprise contribue beaucoup à l'effort de recherche, cette approche a des limites. Premièrement, elle tend à se concentrer sur la recherche appliquée, avec une perspective commerciale à moyen terme (hormis quelques exceptions comme Sony CSL). Deuxièmement, les résultats de la R&D privée sont propriétaires, alors que les plateformes technologiques se doivent d'être ouvertes.

Au-delà du soutien renouvelé des gouvernements, PRIME Coalition et la la MIT Innovation Initiative en appellent à la philanthropie pour *« combler les lacunes du financement dans la traduction idée-impact. »*

Un autre usage du terme « plateforme » courant dans la *tech* désigne les *business models* de plateforme, à savoir les entreprises fondées sur les effets de réseau. Un article co-écrit par le spécialiste Sangeet Paul Choudary distingue parmi celles-ci les plateformes transactionnelles (ex. Airbnb, Uber) des plateformes d'innovation, lesquelles fournissent une base technologique aux développeurs d'applications (ex. Microsoft, SAP). Les géants de la *tech* allient souvent les deux. Les plateformes d'innovation peuvent être d'ailleurs vue comme des **« plateformes technologiques *as a service*, »** à l'instar d'AWS, Google Cloud AI, ou des *frameworks open source* comme TensorFlow dans le *machine learning* et Baidu Apollo pour les véhicules autonomes.

Ce type de plateformes peut contribuer à accélérer la R&D. La révolution numérique a offert aux chercheurs de nouveaux outils, par exemple pour lever des budgets supplémentaires (ex. Experiment), réaliser des travaux de manière distribuée (ex. ScienceExchange) ou avec les citoyens (ex. Just One Giant Lab), ou encore pour publier plus efficacement (ex. Mendeley, Figshare, PLOS, ResearchGate). L'automatisation des tâches de laboratoires est un autre domaine prometteur, par exemple via des robots de pipetage comme OpenTrons, ou des plateformes comme Kebotix pour accélérer la recherche de nouveaux matériaux.

Les applications Impact Tech constitueront sans nul doute la majeure partie de ce mouvement. Néanmoins, les plateformes technologiques de deman devraient être développées selon la même philosophie, ne serait-ce que par celles-ci auront une grande influence sur notre capacité à relever le *moonshot* planétaire.

Photo: Billie Grace Ward

Impact vs Finances

L'Impact Tech est une grande chapelle, au sein de laquelle une tension en particulier sera familière aux investisseurs à impact : les compromis et priorisations entre impact et rentabilité. Si la plupart des acteurs de l'Impact Tech aspirent à « faire le bien tout en réussissant bien » (doing good while doing well), maximiser ces deux aspects peut se révéler complexe pendant les périodes de disette. Alors qu'une priorité trop forte donnée à a rentabilité risque de faire dévier la mission, la négliger peut entraver la capacité à faire passer l'impact à l'échelle, ou même tuer le projet.

« Les opinions divergent beaucoup quant au meilleur équilibre entre impact et retours financiers dans l'Impact Tech. Pour certains, les deux sont d'égale importance. Dans mon travail sur l'innovation sociale numérique, notre critère est que les profits soient subordonnés à l'impact. Enfin, certains estiment même que l'Impact Tech ne devrait même pas générer de profits du tout. »

Matt Stokes,
Chercheur principal chez Nesta

Dans le secteur de l'Impact Tech, on trouve aussi bien associations et des entreprises sociales, que des startups et des labos de recherche répondant à des enjeux sociétaux. Dans le cas d'une entreprise, plusieurs stratégies visent à équilibre impact et rentabilité : les *business models* où le profit est corrélé à l'impact, la définition de « seuils planchers » pour l'impact et les finances, ou l'ancrage de la raison d'être dans les statuts juridiques de l'entreprise, avec les Benefit Corporations et entreprises à mission.

Au final, un entrepreneur ne pourra optimiser son impact que dans le cadre de ses contraintes et objectifs financiers. L'Impact Tech est un moyen pour des acteurs variés de produire autant d'effets bénéfiques que possible pour la société, tout en réduisant les effets négatifs.

2.4 Un Bond en Avant Pour le Développement International

Photo: Martino Pietropoli

Au fil de ce chapitre, nous avons relaté l'émergence mondiale du mouvement Impact Tech. Vaste et diversifié, celui-ci pourrait nous aider à relever certains des plus grands défis auxquels l'humanité est confrontée. Pour conclure ce chapitre, nous défendons l'idée qu'il pourrait devenir un pilier du développement international au XXIe siècle.

L'Impact Tech dans le secteur du développement

Les agences de développement et les organisations internationales ont saisi le potentiel de**s nouvelles technologies** dès les années 90, avec le courant des TIC pour le développement. Aujourd'hui, beaucoup disposent de leurs propres cellules d'innovation pour suivre la cadence effrénée du progrès technologique, et trouver de nouvelles solutions aux enjeux du secteur : le Center for Global Development estime que la réalisation des ODD d'ici 2030 nécessitera une innovation rapide et généralisée. Par ailleurs, les cellules innovation permettent à ces institutions d'être plus agiles dans leur collaboration avec les innovateurs, de tester rapidement de nouvelles solutions, et d'investir dans les meilleures pour passer à l'échelle.

Entre 2014 et 2018, le Mécanisme d'innovation du Programme des Nations Unies pour le Développement (PNUD) a investi dans plus de 140 preuves de concept à travers le monde. Parmi les exemples présentés dans le rapport *Moon Shots & Puddle Jumps* : une application développée avec Baidu pour le recyclage des déchets électroniques en Chine ; des drones DJI aux Maldives pour cartographier les topographies insulaires et renforcer la résilience climatique ; le portail de données UN Biodiversity Lab pour assister les pays dans la protection des écosystèmes ; ou des laboratoires d'innovation publique en Thaïlande, Serbie, Arménie, Bangladesh, Indonésie etc. Le PNUD a placé l'innovation au cœur de son plan stratégique 2018-2021 et a étendu son réseau à des acteurs comme IBM, Microsoft, Alibaba, Impact Hub, ou encore le Partnership on AI.

Au sein des Nations Unies, un réseau étendu de programmes d'innovation similaires a vu le jour : à l'UNICEF, au Programme alimentaire mondial (WFP), au Haut Commissariat pour les réfugiés (HCR), et bientôt au Programme des Nations Unies pour l'environnement (PNUE). Leurs équipes et d'autres se sont réunies en 2018 pour former le UN Innovation Network (UNIN), dont les membres s'engagent à respecter les principes du développement numérique : concevoir avec l'utilisateur, utiliser des standards ouverts et porter attention à la vie privée et la sécurité.

La Banque mondiale a lancé plusieurs initiatives pour « bâtir, promouvoir et investir » dans la technologie au service du développement, tandis que l'UIT préconise l'utilisation des TIC pour les ODD. Les agences de coopération internationale ont également pris la mesure du levier que représentent les technologies. Citons les programmes du DFID Frontier Technology et Ideas to Impact, le GIZ Blockchain Lab, le fonds Digital Africa de l'AFD, ou encore le Global Development Lab de USAID.

« L'innovation technologique peut être un catalyseur pour le développement ; chez GIZ, nous nous intéressons de près aux technologies les plus transformatives pour le développement durable. »

Insa Illgen,
Responsable Tech Innovation for Sustainable Development, GIZ

Les acteurs *tech* privés jouent également un rôle dans lesecteur du développement. Au premier plan les philanthropes, comme la Fondation Gates qui joue un rôle central dans cet écosystème — si important que certains s'inquiètent de son influence. Mais aussi ce que Giulio Quaggiotto, directeur iinnovation du PNUD Asie, appelle « *mutants du développement,* » comme Airbnb et sa branche humanitaire, ou les nombreuses startups présentées dans ce rapport.

Photo: Tom Page

Impact Tech et *leapfrog* (bond en avant)

Le concept de *leapfrogging* *(littéralement : bond en avant, saute-mouton)* **faisait référence aux innovations radicales permettant aux nouvelles entreprises de devancer les acteurs établis**. Le concept est devenu populaire dans le secteur du développement : un pays pourrait *« sauter des échelons dans l'échelle du développement »* (IFC) avec des technologies plus abouties, sans passer par la case des technologies actuelles, jugées inférieures, coûteuses ou polluantes. Parmi les exemples emblématiques, citons les téléphones mobiles (au lieu des lignes fixes), ou le solaire qui évite le recours aux énergies fossiles.

« La technologie évolue si vite que les pays ne peuvent simplement se contenter de rattraper leur retard. »

Makhtar Diop,
Vice-président Afrique du Groupe de la Banque mondiale

L'Impact Tech offre aux entrepreneurs des pays du Sud l'opportunité de s'appuyer directement sur les nouvelles solutions, afin de figurer à l'avant-garde des solutions aux ODD.

Certains choisiront de reproduire des *« leapfrogs éprouvés »*, comme les livraisons de fournitures médicales par drone et les kits solaires avec paiement à l'usage (*pay-as-you-go*). **D'autres innoveront là où des progrès sont nécessaires** : matériaux biosourcés et compostables pour supplanter les plastiques jetables, *data science* pour l'agriculture régénératrice (qui restaure les sols tout en augmentant les rendements des petits producteurs), ou encore les innovations de diagnostic et de traitement médical.

Certains se concentreront sur des réponses aux effets immédiats des problèmes, comme l'usage de capteurs et d'images satellites pour empêcher la déforestation illégale des forêts tropicales. **D'autres contribueront aux solutions systémiques,** par exemple en numérisant le capital génétique de la biodiversité Amazonienne, ouvrant la voie à une bioéconomie durable qui profitera à toutes les parties prenantes.

Non seulement ces initiatives permettraient de contourner les solutions obsolètes pour en adopter de meilleures, mais elles pourraient aussi conduire à une **transformation du capitalisme**, en orientant l'innovation vers des missions sociétales, comme le préconise Mariana Mazzucato.

Au-delà des bénéfices sociaux et environnementaux, les retombées économiques seraient colossales : au moins 12 mille milliards de dollars par an d'ici 2030 pour atteindre les ODD, et 45 mille milliards pour éliminer 1000 gigatonnes de carbone atmosphérique (voir section 2.2). Cette création de richesse pourrait faire émerger un nouveau modèle de développement pour les pays du Sud (et d'ailleurs), qui respecterait les limites planétaires, et pourrait contribuer à restaurer le climat et les écosystèmes.

Gare aux écueils

Ces perspectives sont clairement porteuses d'espoir, mais gare au fétichisme de l'innovation. Certains, comme Kevin Starr de la Fondation Mulago et l'ONG Ground Truth Solutions, ont souligné les faiblesses des *labs* d'innovation dans le secteur du développement : *« Sans orientation claire, ces lab ont tendance à produire de l'innovation gadget. »*

Le HCR reconnaît d'ailleurs que le « *peak lab* » a peut-être même été déjà atteint, surtout pour les *labs* développant des solutions techno-centriques en solitaire. UNHCR Innovation insiste sur l'importance d'adopter une posture de facilitateur, *« en apportant des outils d'innovation et un environnement propice à l'apprentissage pour ceux qui en ont besoin »*.

Un autre piège est d'espérer que les pays en développement rattrapent leur retard sur les pays riches par le seul *leapfrogging*. Dans son rapport de 2018 *Readiness for the Future of Production*, le WEF dresse un constat sans appel : *« Alors que le nouveau paradigme technologique engendre une vague de nouvelles industries, seule une poignée de pays sont en mesure d'en saisir les opportunités. »*

Des centaines de millions d'Africains n'ont toujours pas accès à l'électricité, à l'eau potable et à Internet, et vivent dans des pays en proie à la corruption, et dont les économies dépendent trop des exportations de produits de base, résume The Economist. Le journal précise que *« la technologie progresse beaucoup plus lentement en Afrique que dans les pays riches, et les écarts se sont encore creusés ces dernières années. »* Aujourd'hui, le continent africain ne produit que 1 % de la recherche mondiale.

Ces écarts ne pourront être résorbés uniquement par le transfert de technologies : le développement des capacités est crucial. Selon la Banque mondiale, les conditions nécessaires à un *leapfrog* incluent des investissements appropriés dans les infrastructures, des évolutions réglementaires, un renforcement du milieu académique, et surtout *« une main-d'œuvre bien formée et un système éducatif solide. »*

Enfin, rappelons que les technologies comportent aussi leur lot de risques et de défis, abordés dans le Chapitre 4.

Approche systémique et intelligence collective

Certains des ODD contiennent des problèmes inextricables, notamment en ces temps inédits d'urgence climatique et d'accélération technologique. Comme évoqué en 2.3, nous ne pourrons compter sur une solution miracle : les approches systémiques et multi-acteurs seront essentielles.

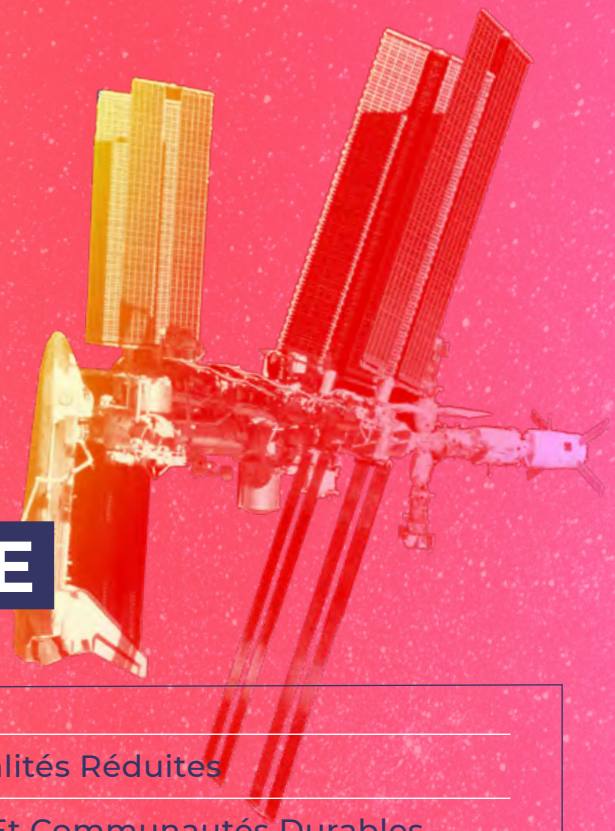
Un puissant catalyseur réside dans les dynamiques d'intelligence collective. Geoff Mulgan, DG de Nesta, la décrit comme *« l'utilisation d'un surplus de données et de capacités intellectuelles très diverses, à tous les niveaux, pour un apprentissage accéléré. »* Cela passe par l'utilisation de nouvelles sources de données pour mieux cerner les problèmes, à l'instar de UN Global Pulse, ou par des plates-formes d'innovation ouverte visant à récolter des idées, prendre des décisions, et réaliser des expérimentations. Mulgan avance que ces initiatives auront le plus d'impact à l'intersection entre approches *bottom-up* (*labs* et groupes de travail locaux) et *top-down* (sélection de contenus, outils numériques, compétences approfondies). Les organisations internationales comme le PNUD pourraient alors jouer un rôle de plateforme pour coordonner ces deux approches.

> *« Les esprits à la marge ne sont pas des esprits marginaux. Bien souvent, les personnes vulnérables confrontées à un problème sont les mieux placées pour y apporter une solution créative. »*
>
> ***Anil Gupta,***
> *Fondateur du Honey Bee Network, SRISTI, GIAN, et NIF*

Au chapitre suivant, nous nous plongerons dans les nombreuses possibilités offertes par l'Impact Tech pour répondre aux 17 ODD et à leurs cibles.

3

IMPACT TECH ET OBJECTIFS DE DEVELOPPEMENT DURABLE



Objectif 1 : Pas De Pauvreté

Objectif 2 : Faim « Zéro »

Objectif 3 : Bonne Santé Et Bien-Être

Objectif 4 : Éducation De Qualité

Objectif 5 : Égalité Entre Les Sexes

Objectif 6 : Eau Propre Et Assainissement

Objectif 7 : Énergie Propre Et D'un Coût Abordable

Objectif 8 : Travail Décent Et Croissance Économique

Objectif 9 : Industrie, Innovation Et Infrastructures

Objectif 10 : IInégalités Réduites

Objectif 11 : Villes Et Communautés Durables

Objectif 12 : Consommation Et Production Responsables

Objectif 13 : Lutte Contre Les Changements Climatiques

Objectif 14 : Vie Aquatique

Objectif 15 : Vie Terrestre

Objectif 16 : Paix, Justice Et Institutions Efficaces

Objectif 17 : Partenariats Pour La Réalisation Des Objectifs

CLICK IT!

> L'ampleur et l'ambition des objectifs de développement durable **exigent un changement majeur** dans le secteur du développement international. Des innovations radicales seront nécessaires réaliser les ambitions du **Programme 2030 de manière inclusive.**

*AVANT-PROPOS DU RAPPORT DU PNUD **MOON SHOTS AND PUDDLE JUMPS***

En septembre 2015, les 193 États membres de l'ONU ont adopté le Programme 2030 pour le développement durable, qui remplace les Objectifs du Millénaire pour le développement. Il comprend 17 Objectifs de développement durable (ODD), également appelés Objectifs mondiaux, et parfois décrits comme *« ce qui se rapproche le plus d'une stratégie pour l'humanité »*. Ces objectifs s'accompagnent de 169 cibles et 232 indicateurs.

Les ODD offrent un cadre très utile pour appréhender le rôle que peut jouer l'Impact Tech dans différents secteur et la résolution de multiples enjeux. Nous les avons donc adoptés comme structure éditoriale de ce chapitre. Les 180 domaines d'innovation présentés dans ces pages contribuent à ce que nous avons appelé le « *moonshot* » planétaire — *restaurer le climat et les écosystèmes naturels, tout en apportant le progrès pour tous.* Nous avons sélectionné de multiples exemples d'entreprises et de projets illustrant ces domaines d'innovation.

Les ODD : une boussole pour l'innovation

Les Objectifs mondiaux offrent un cadre de référence aux diverses parties prenantes souhaitant contribuer collectivement à la résolution des plus grands défis mondiaux. Cela inclut non seulement les gouvernements et organisations internationales, mais aussi les entreprises, les investisseurs et les établissements universitaires. Un nombre croissant d'acteurs privés utilisent en effet les ODD comme boussole pour l'innovation et l'investissement, au-delà de la seule RSE. Et pour cause: les opportunités économiques associées sont évaluées à 12 000 milliards de dollars par an.

Le Programme 2030 stipule que les 17 ODD doivent être traités simultanément et avec la même priorité, afin d'éviter qu'un pays choisisse son « ODD favori ». Le caractère indissociable des Objectifs résulte de leurs nombreuses corrélations, documentées par le Conseil international des sciences (ISC) dans *A Guide to SDG interactions: from Science to Implementation*. Par exemple, la santé et le bien-être dépendent de l'accès à une alimentation nourrissante et suffisante, tandis que les énergies renouvelables sont un vecteur de nouveaux emplois, mais requiert des investissements dans la formation et la reconversion des travailleurs.

« Le véritable pouvoir des ODD réside dans leur caractère indivisible et dans la cohérence entre les thèmes. Cette approche systémique est une nette amélioration par rapport aux Objectifs du Millénaire pour le développement, qui étaient davantage cloisonnés les uns des autres. »

Nadia Isler,
Directrice du SDG Lab, Office des Nations Unies à Genève

Cependant, des contradictions peuvent exister entre les ODD. Dans son analyse détaillée de quatre objectifs, le rapport de l'ISC a identifié 316 interactions entre certaines cibles et d'autres objectifs, dont 238 sont positives, 12 sont neutres et 66 sont négatives — telles que l'impact de l'augmentation de la production agricole sur la pollution des océans. La **gestion d'impact** (voir Chapitre 5) est indispensable pour minimiser les retombées négatives tout en maximisant celles positives.

Toutefois, les ODD sont nécessaires, mais pas suffisants. Leurs détracteurs soulignent que les objectifs passent sous silence une partie des causes racines des inégalités et de la crise climatique. Leur prise en compte doit donc aller de pair avec celle de cadres scientifiques tels que les limites planétaires et la feuille de route de la Loi Carbone pour l'action climatique. Malgré ces lacunes, il ne faut toutefois pas sous-estimer l'effet catalyseur des Objectifs mondiaux, notamment au sein du secteur privé.

Nous espérons que ce panorama de l'Impact Tech sous le prisme des Objectifs mondiaux vous inspirera autant qu'il nous a inspiré.

« Les ODD offrent une véritable plateforme d'apprentissage pour l'avenir. Nous pensons que l'éducation centrée sur les challenges est la meilleure approche pour former les innovateurs de demain. Les ODD sont les plus grands défis auxquels nous devons les préparer. »

Luping Xu,
Directeur de l'Open FIESTA Center de l'Université de Tsinghua

Comment lire ce chapitre ?

Ce chapitre n'est pas fait pour être lu de façon linéaire. N'hésitez pas à passer d'un thème à l'autre à l'envi.

Nous avons associé chaque domaine Impact Tech à une cible spécifique des ODD, et ce même si beaucoup de domaines sont pertinents pour plusieurs cibles, voire pour plusieurs Objectifs. Nous avons raccourci la description des cibles pour faciliter la lecture, mais avons indiqué leur numéro officiel pour référence. La liste complète des cibles est disponible sur le portail des Nations Unies sur les ODD.

Etant donné l'abondance sans cesse renouvelée de projets, ce chapitre ne se veut pas exhaustif. Toutefois, nous avons souhaité dresser un panorama représentatif de l'Impact Tech. Par ailleurs, nous ne prétendons pas saisir la totalité des impacts positifs et négatifs de chaque exemple.

Les entreprises citées dans ce rapport le sont à titre d'illustration et ne constituent en aucun cas des recommandations d'investissement. Cela étant, nous avons la conviction que l'Impact Tech dans son ensemble constitue un secteur d'avenir.

Enfin, bien que ce chapitre se veuille inspirant, nous avons ajouté une section « défis » en clôture de chaque sous-chapitre dédié aux différents ODD. Par ailleurs, l'optimisme général de ces pages est à contralancer par le Chapitre 4 portant sur les risques et les défis technologiques, ainsi que par le Chapitre 5 sur les enjeux de la gestion d'impact.

Objectif 1

PAS DE PAUVRETÉ

Éliminer l'extrême pauvreté et la faim.

650 MILLIONS
DE PERSONNES DANS LE MONDE VIVENT DANS UNE EXTRÊME PAUVRETÉ

PNUD, 2017

PRÈS DE 1/5
DE LA POPULATION DES PAYS EN DÉVELOPPEMENT VIT AVEC MOINS DE 1,25 DOLLAR PAR JOUR

PNUD, 2015

> **La pauvreté, ce n'est pas seulement l'absence de ressources monétaires** ; c'est également l'absence de la capacité à se réaliser pleinement en tant qu'être humain
>
> ***AMARTYA SEN,*** *PRIX NOBEL D'ÉCONOMIE*

Photo: Dazzle Jam

Photo: Simprint

Impact Tech et ODD 1

Selon le rapport d'Oxfam sur les inégalités publié en 2019, près de la moitié de la population mondiale vit avec moins de 5 dollars par jour. Les solutions présentées ci-dessous gravitent autour des thèmes de l'identité, de la propriété et des services financiers. Afin toutefois d'appréhender tout le potentiel de l'Impact Tech dans la lutte contre la pauvreté et ses diverses facettes, nous vous invitons à parcourir les autres sections de ce chapitre, notamment celles portant sur l'alimentation et l'agriculture (ODD 2), la santé (ODD 3), l'éducation (ODD 5), l'eau (ODD 6), l'énergie (ODD 7), les inégalités (ODD 10) et les villes (ODD 11).

Mettre en place des systèmes et mesures de protection sociale pour tous, et faire en sorte qu'une part importante des pauvres et des personnes vulnérables en bénéficient *[1.3]*

Assurance maladie mobile

Pour les familles des pays en développement ne disposant pas de couverture santé, les maladies et accidents sont d'importants facteurs de risque de retomber dans la pauvreté. Grâce à une **plate-forme de paiement mobile**, la startup suédoise Bima offre une assurance maladie abordable à 30 millions d'utilisateurs dans 15 pays en Afrique, en Asie et en Amérique latine, dont 93 % vivent avec moins de 10 dollars par jour. Bima s'appuie sur un réseau d'agents formés à la sensibilisation des assurés et la vente de ses produits. L'entreprise s'associe à des **opérateurs de télécommunications locaux** pour intégrer une micro-assurance dans leurs offres de services.

Garantir à tous les mêmes droits aux ressources économiques et l'accès aux services de base, à la propriété foncière, au contrôle des terres, à l'héritage, aux ressources naturelles et à des nouvelles technologies et des services financiers adaptés à leurs besoins *[1.4]*

Identité numérique sécurisée

La Banque mondiale estime qu'un milliard de personnes n'ont aucun moyen de prouver leur identité. Parmi eux figurent 40 % de la population des pays à faible revenu, qui n'ont par conséquent aucun accès aux soins médicaux, aux services sociaux et bancaires. Parmi les solutions numériques à ce problème, citons Simprints (UK) qui fabrique des **scanners d'empreintes digitales** robustes et peu coûteux, ainsi que l'Aadhaar ID créé par le gouvernement indien. Lancé en 2009, ce dernier est accessible par le biais d'IndiaStack, une API disponible à toute personne souhaitant *« résoudre les problèmes complexes de l'Inde »*. Le système a toutefois été récemment confronté à des failles de sécurité. ID2020, un partenariat entre gouvernements, entreprises et ONG, a lancé en 2019 une **certification** pour la identifier les systèmes respectant les meilleurs standards **de portabilité, de fiabilité, de confidentialité et de contrôle des utilisateurs**.

Registres fonciers fiables

Les terres et le logement représentent souvent les actifs les plus précieux des populations pauvres. Pourtant, selon la Banque mondiale, seuls 30 % des droits fonciers sont officiellement répertoriés à l'échelle mondiale. Au Ghana, BenBen propose d'utiliser **une *blockchain* pour la sécurisation des cadastres** et **l'éradication de la corruption associée aux registres papier**. La faible maturité de l'infrastructure *blockchain* et la difficulté d'établir des partenariats avec les gouvernements sont des défis de taille, mais le potentiel demeure immense.

Systèmes d'adressage inclusifs

Des bidonvilles aux camps de réfugiés, de nombreuses personnes ne disposent d'aucunmoyen fiable pour partager leur adresse. Cette situation occulte l'existence même de populations entières et limite leur accès à des services de base, tels que la distribution de courriers. Au-delà d'efforts occasionnels comme la cartographie des favelas de Rio de Janeiro par Google avant les JO de 2016, des **systèmes de géocodage alternatifs** pourraient apporter une réponse structurelle à ce manque.

La société britannique What3Words a quadrillé le monde en un réseau de carrés de trois mètres de côté, et attribué à chacun une adresse unique en 3 mots, permettant une localisation plus précise qu'une adresse postale. Alors que le gouvernement mongol a déjà adopté cette technologie, la startup a été critiquée pour rendre un **système d'adressage public** dépendant d'une base de données propriétaires, suscitant des interrogations quant aux redevances futures. Les alternatives *open source* dans le domaine incluent le Geohash et les plus.codes de Google.

La *FinTech* au service de l'inclusion financière

Selon la Banque mondiale, 1,7 milliard d'adultes ne disposent toujours pas de compte bancaire, alors que les deux tiers d'entre eux possèdent un téléphone portables. M-Pesa est une solution emblématique permettant de combler ce fossé, avec un **système de paiement mobile par SMS** initié par Safaricom, un opérateur de télécommunications au Kenya. Suite à son succès fulgurant dans le pays, il est désormais disponible en Tanzanie, Afrique du Sud, Afghanistan, Inde et Roumanie.

Photo: M-Pesa

Par ailleurs, depuis la réussite de Grameen Bank, de nombreuses entreprises ont développé des offres de microfinance. En Afrique de l'Est, certaines s'appuient sur les **données mobiles pour offrir une notation de crédit alternative**, tels que M-Shwari de Safaricom — connecté à M-Pesa — ou la startup Tala basée aux États-Unis. Cependant, ces services sont critiqués pour leurs taux d'intérêt très élevés, entre 7,5 et 15 % par mois. En Inde, CreditVidya emploie des données alternatives et le *machine learning* pour **aider les prêteurs à octroyer des crédits** à de nouveaux emprunteurs. En outre, certains acteurs proposent des solutions sur mesure pour les petits exploitants agricoles (voir ODD 2) et pour les entrepreneurs des marchés émergents (voir ODD 8), à l'instar de Kiva, pionnier du *crowdlending*.

Enfin, de nouveaux acteurs misent sur la *blockchain*, comme Stellar (USA), un réseau décentralisé de transfert multidevises, offrant une **plateforme *open source* pour les services d'inclusion financière**. Le système d'échange de crypto-monnaies Bancor (Suisse) permet la création de **monnaies locales** numérisées, en pilote au Kenya et au Bangladesh. Moeda (Brésil) et Humaniq (UK/Afrique) figurent également parmi ces initiatives.

Renforcer la résilience aux phénomènes climatiques extrêmes et à d'autres chocs et catastrophes d'ordre économique, social ou environnemental *[1.5]*

Technologies de réduction des risques de catastrophes

« Les catastrophes «naturelles» n'existent pas, seuls les dangers naturels existent », déclare le Bureau des Nations Unies pour la réduction des risques de catastrophes (UNISDR). La réduction des dommages causés par les tremblements de terre, les inondations, les sécheresses et les cyclones, est indispensable pour réduire la vulnérabilité des populations pauvres. C'est d'autant plus urgent que la fréquence de ces phénomènes extrêmes est quatre fois plus élevée aujourd'hui qu'en 1970.

OneConcern s'appuie sur l'analyse de données et le *machine learning* pour aider les villes à **une meilleure préparation en amont** et à **un meilleur rétablissement après un désastre naturel**. NewStory s'attaque aux conséquences des catastrophes à l'aide du **financement participatif** pour la construction rapide de **logements imprimées en 3D** — ces derniers étant appropriés lorsque certains matériaux ne sont pas disponibles sur place. Aux Maldives, le PNUD s'est associé à DJI, leader mondial des drones, afin de déterminer la vulnérabilité des côtes insulaires par **cartographie aérienne**.

Challenges

Inclusion financière ou éducation financière ? Si l'inclusion financière a la cote auprès des startups *FinTech* et des investisseurs à impact, l'éducation financière pourrait représenter un besoin encore plus pressant — protéger les populations de l'endettement. Suite aux suicides d'agriculteurs indiens en 2010, les taux d'intérêts élevés de la microfinance ont été pointés du doigt. Certaines offres de crédit en ligne proposent des taux d'intérêts plus bas en réduisant les coûts de transaction, mais s'accompagnent de nouveaux défis. Selon J-PAL, l'accès facilité au crédit augmente le risque de surendettement, tandis que les nouveaux algorithmes de notation utilisant des données non traditionnelles peuvent comporter des biais. En outre, selon la CGAP, les emprunteurs ne comprennent pas toujours les frais associés aux crédits en ligne. L'organisation préconise donc le développement de solutions pour la protection des consommateurs, telles que du contenu éducatif par SMS sur la gestion des finances personnelles.

« L'éducation financière est beaucoup plus importante que l'inclusion financière. Plusieurs entreprises abusent de l'innocence de ceux qui n'ont jamais emprunté par le passé. »

Nathaniel Calhoun,
Cofondateur de Code Innovation, Vice-président de Global Grand Challenges à la Singularity University

« Beaucoup d'entreprises dans la FinTech disent qu'elles apportent une inclusion financière, mais la plupart d'entre elles finissent par endetter toujours plus de gens dépourvus d'une véritable éducation financière. »

Laura Ortiz Montemayor,
Fondatrice et PDG de SVX Mexique

Les promesses de la *blockchain* peinent à se concrétiser. En 2018, la technologie *blockchain* a dépassé le « pic des attentes disproportionnées » du tristement célèbre cycle du hype de Gartner pour plonger dans le « gouffre des désillusions ». Ce phénomène s'est également manifesté dans le secteur du développement, où les concepts présentés comme révolutionnaires pour l'identité numérique, l'inclusion financière et les registres fonciers doivent encore porter leurs fruits. De nombreux projets ont dépassé la preuve de concept, mais n'ont pas encore produit d'impact mesurable. En outre, plusieurs projets ne semblent pas exploiter les fonctionnalités offertes par la *blockchain* et ressemblent davantage à des bases de données complexes, dont l'efficacité reste à prouver. Enfin, l'un des principaux obstacles reste la faible maturité de l'infrastructure *blockchain* dans son ensemble, qui entrave son déploiement à grande échelle.

Posséder son identité numérique. Les projets liés à l'identité numérique suscitent des préoccupations légitimes quant à la protection de la vie privée. Les personnes les plus vulnérables n'ont généralement aucune idée de la façon dont les entreprises et les gouvernements peuvent exploiter leurs données, sans leur consentement et à l'encontre de leurs intérêts. Aadhaar, la plus grande plateforme d'identité biométrique du monde, utilisée par 1,22 milliard d'Indiens, en est un bon exemple, durement critiqué pour ses faibles normes de sécurité. Éduquer les utilisateurs ne suffira pas : seul le contrôle de leur données permettra une véritable inclusion numérique.

Objectif 2

FAIM « ZÉRO »

Éliminer la faim, assurer la sécurité alimentaire, améliorer la nutrition et promouvoir l'agriculture durable.

> J'ai l'audace de croire que, partout, les peuples peuvent avoir **trois repas par jour** pour nourrir leur corps, une éducation et un accès à la culture pour nourrir leur pensée, la dignité, l'égalité et la liberté pour nourrir leur esprit
>
> ***MARTIN LUTHER KING,*** *PRIX NOBEL DE LA PAIX*

2 Milliards

DE PERSONNES SOUFFRENT DE CARENCES EN MICRONUTRIMENTS, TANDIS QUE 2 MILLIARDS D'ADULTES SONT EN SURPOIDS OU OBÈSES.

WEF - GLOBAL FOOD SYSTEMS, 2017

1/3

DES ALIMENTS PRODUITS DANS LE MONDE POUR LA CONSOMMATION HUMAINE CHAQUE ANNÉE – SOIT ENVIRON 1,3 MILLIARD DE TONNES — SONT PERDUS OU GASPILLÉS

FAO

Photo: Arthur Yeti

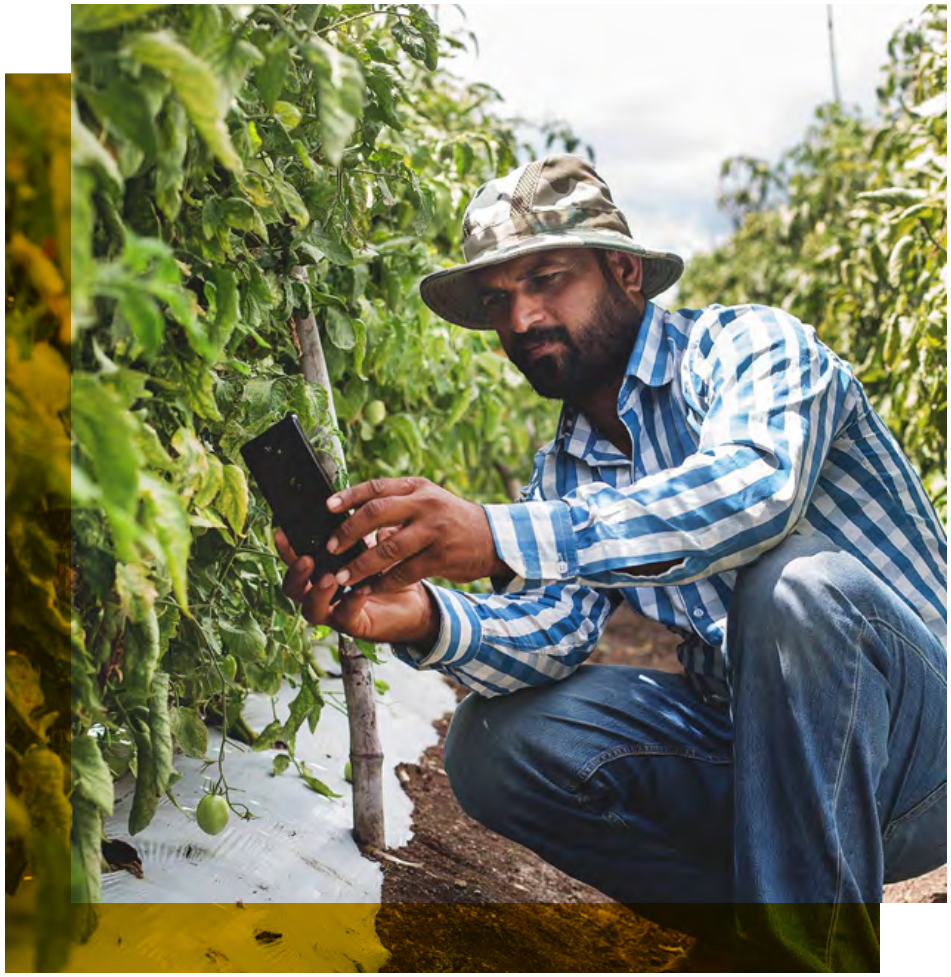


Photo: Plantix

Impact Tech et ODD 2

Selon la FAO, la production alimentaire mondiale doit augmenter de 70% d'ici 2050 afin de subvenir aux besoins d'une population passant de 7,5 à 10 milliards d'habitants. Atteindre cet objectif dans les limites planétaires nécessite une profonde transformation de notre système alimentaire, de la réduction du gaspillage aux modes de production durables, en passant par l'autonomisation des petits exploitants agricoles.

Éliminer la faim et faire en sorte que chacun, en particulier les personnes pauvres et en situation vulnérable, ait accès à une alimentation saine, nutritive et suffisante *[2.1]*

Procédés de conservation après récolte

Un tiers des aliments produits pour la consommation humaine sont jetés ou gaspillés. Au lieu de contribuer à la sécurité alimentaire, cette production perdue équivaut à 8 % des émissions de gaz à effet de serre. Dans les pays industrialisés, les pertes se produisent surtout au point de distribution et de consommation (voir ODD 12), alors que dans les pays en développement elles se situent majoritairement après la récolte.

À l'instar d'Inspira Farms (UK/Kenya) et Coldhubs (USA/Nigeria), de nouvelles **solutions de stockage frigorifique** permettent aux entreprises agroalimentaires de réduire ce type de pertes. Wakati (Belgique) a mis au point un système de conservation *open source* peu coûteux pour les petits exploitants agricoles africains, reposant sur un **procédé d'humidification alimenté par énergie solaire.** Une troisième approche consiste à augmenter la durée de conservation des fruits et des légumes au moyen d'un enrobage comestible, tels Apeel Biosciences (USA) et Coating+ (Nigeria).

Sciences alimentaires et génomique nutritionnelles

Les carences de nutrition touchent un tiers de la population mondiale et sont particulièrement répandues dans les pays les plus pauvres. Bien

que la diversification des aliments soit le principal levier pour résoudre ce problème sur le long terme, les sciences alimentaires permettent de développer des **produits et ingrédients à forte valeur nutritionnelle** pour combler les manques. À cet égard, le pionnier Nutriset (France) s'est lancé dès 1993 dans le développement de nombreux produits alimentaires thérapeutiques destinés aux enfants et aux mères souffrant de malnutrition.

Dans le domaine de la génomique, le projet *Golden Rice* (riz doré) propose un riz modifié (OGM) dont la teneur élevée en bêta-carotène pourrait pallier les carences en vitamine A, cause majeure de mortalité et de cécité infantiles. Cependant, après 25 ans de recherche et développement, ce riz n'est toujours pas au point, et fait l'objet de controverses en raison de sa nature transgénique (voir la section « défis » ci-dessous).

Plus récemment, des entreprises utilisent **IA et génomique pour créer des ingrédients riches en nutriments**. Nuritas (Irlande) est ainsi capable de détecter et isoler des peptides bioactifs, qui peuvent être bénéfiques pour la santé sous forme d'ingrédients alimentaires.

« Le véritable défi n'est pas de développer le bio, les superfoods ou autres produits "premium", mais de permettre une alimentation durable, saine et nutritive pour les marchés de masse. »

Matthieu Vermersch,
Founder and Managing Partner, VisVires New Protein

Doubler la productivité agricole et les revenus des petits producteurs alimentaires *[2.3]*

Selon la FAO, les petits exploitants, qui représentent une part importante des habitants les plus pauvres de la planète, fournissent jusqu'à 80 % de la production alimentaire dans des régions comme l'Afrique subsaharienne et l'Asie du Sud-est. Différentes solutions, présentées ci-dessous, permettent de les soutenir en augmentant leurs rendements, en améliorant leurs conditions de vie, et en les aidant à produire plus durablement. Ils pourront également s'appuyer sur d'autres outils exposés dans cette section, ainsi que des techniques d'irrigation mentionnées dans la section ODD 6.

L'*AgTech* au service des petits exploitants

Bien que le secteur *AgTech* (technologies pour l'agriculture) s'adresse principalement aux grandes exploitations industrielles, certaines innovations répondent spécifiquement aux besoins des petits exploitants. Ignitia (Suède) fournit des **prévisions météorologiques hyperlocales** aux agriculteurs africains, que ces derniers peuvent recevoir par SMS selon un modèle de paiement à l'utilisation *(pay-as-you-go)*. Peat (Allemagne) a développé l'application Plantix qui utilise la reconnaissance d'images et le *machine learning* pour **identifier les maladies dans les cultures** et proposer des recommandations de traitement adaptées. SoilCards, filiale de Science Practice (UK), propose des tests papier simples et abordables pour **analyser les niveaux en nutriments des sols**.

La *FinTech* au service des petits exploitants

Les petits producteurs ont un besoin de financement estimé à 200 milliards de dollars, mais seul un quart de cette somme est aujourd'hui disponible. Parmi les initiatives répondant à cette demande, FarmDrive (Kenya) propose un **système alternatif de notation de crédit**, qui s'appuie sur l'analyse de données mobiles et le *machine learning*. Les plateformes de **prêt participatif** Crowde (Indonésie) et FarmCrowdy (Nigeria) servent, quant à elles, d'intermédiaires entre agriculteurs et les particuliers investisseurs.

Les petits exploitants ont également besoin d'une protection contre les aléas météorologiques afin de stabiliser leurs revenus. Pula (Kenya) leur fournit **une assurance récolte et bétail reposant sur l'analyse de données**, ainsi que d'autres services pour se fournier en semences, d'engrais, crédit et divers intrants agricoles.

Photo: Trace Genomics

Réseaux numériques de petits exploitants

Certaines plateformes comme M-Farm (Kenya) permettent aux petits agriculteurs d'échanger directement avec les acheteurs de leurs produits et d'optimiser leur production en fonction de la demande. D'autres acteurs comme WeFarm (UK) et Digital Green (Inde) offrent des plateformes de communication permettant aux petits agriculteurs de partager leurs connaissances et d'apprendre comment améliorer leurs rendements.

Assurer la viabilité et la résilience des systèmes de production alimentaire pour accroître la productivité, préserver les écosystèmes, renforcer l'adaptation aux changements climatiques, aux phénomènes météorologiques extrêmes, à la sécheresse, aux inondations et à d'autres catastrophes, en améliorant la qualité des sols *[2.4]*

Dans les années 1950-1960, la Révolution verte a sauvé un milliard de personnes de la famine en agmentant la productivité agricole dans le monde entier. Aujourd'hui pourtant, certaines pratiques qu'elle a introduites — les monocultures intensives et l'utilisation de produits agrochimiques — sont en grande partie responsables de l'érosion des sols, de la pollution de l'eau, du déclin de la biodiversité et des émissions de gaz à effet de serre. Ces effets néfastes compromettent à leur tour la productivité agricole elle-même.

Notre consommation de viande et de produits d'origine animale aggrave considérablement la situation, en raison de la superficie nécessaire pour les cultures fourragères, des émissions de méthane des ruminants, ainsi que de la pollution, l'usage excessif d'antibiotiques, et la maltraitance animale associés à l'élevage industriel. De manière générale, l'élevage est l'une des principales causes de la déforestation, des changements climatiques, de l'épuisement des ressources en eau, et de l'antibiorésistance.

Cette section aborde cette question complexe à travers deux sous-objectifs : la transition vers des pratiques agricoles régénératrices et le développement de nouvelles sources de protéines durables.

Thème n°1 : Evolution vers des pratiques agricoles régénératrices

***Data Science* pour l'agriculture régénératrice**

La notion d'agriculture régénératrice fait référence à une vaste palette de pratiques agricoles visant à restaurer la qualité des sols et la biodiversité. Outre l'augmentation des rendements, ces pratiques permettent d'améliorer les cycles de l'eau et le stockage du carbone dans les sols (voir ODD 13). Certaines de ces méthodes agricoles s'appuient sur les synergies complexes entre plantes, animaux, humains et écosystèmes naturels afin de diminuer ou éliminer le besoin d'intrants chimiques. Celles-ci sont offrent donc un terrain propice aux outils de **simulation informatique et d'analyse de données**.

Le Sony Computer Science Lab développe des outis pour la synécoculture, une méthode issue de la **science des systèmes complexes**. Ces outils incluent une base de données sur la biodiversité, des algorithmes de *machine learning* et un logiciel de gestion de parcelle agricole. Le résultat : un écosystème complexe composé de plus de 150 espèces, avec un bilan écologique et économique probant dans le cadre de projets pilotes au Burkina Faso et au Japon.

Robotique agricole légère

La miniaturisation des machines agricoles procure des alternatives moins coûteuses et plus durables par rapport aux tracteurs lourds, **renforçant la pertinence et la productivité des petites exploitations**. Les robots

agricoles légers n'écrasent pas le sol, et réduisent le besoin en intrants chimiques, permettant une agriculture régénératrice mécanisée.

Par exemple, la machine de Small Robot Company (UK) peut cibler les cultures à nourrir et à pulvériser, réduisant de 95% l'utilisation de produits chimiques et de 90% la consommation énergétique par rapport aux machines agricoles conventionnelles. Les solutions de BlueRiver et de Rowbot (USA) offrent des fonctionnalités similaires, tandis que Naio (France) a développé une gamme de robots de désherbage pour la viticulture et l'agriculture maraîchère, et Agrobot (Espagne) un robot pour la cueillette des fraises. Financé par l'UE, le projet ROMI élabore des outils robotiques *open source* pour l'exploitation de polycultures : un robot de désherbage, un drone pour le contrôle des cultures et un scanner 3D pour identifier le phénotype.

Agriculture de précision

L'agriculture de précision vise à augmenter les rendements tout en diminuant le recours aux intrants agricoles (semences, engrais, pesticides, eau) en ciblant leur dosage sur les parcelles concernées. Les données produites au moyen de **capteurs environnementaux**, **drones, par imagerie satellite et par échantillonnage du sol** permettent de fournir une information précise et des analyses prédictives sur l'état des sols et des cultures, ainsi que sur les conditions météorologiques. Agrosmart (Brésil), Kilimo (Argentine), aWhere (USA) et Parrot Airinov (France) font partie des principaux acteurs. Par ailleurs, les robots agricoles et tracteurs autonomes peuvent faciliter la répartition des intrants avec la technologie d'épandage à débit variable.

Notons toutefois que l''agriculture de précision répond principalement aux besoins des grandes exploitations, et ne remet pas en question les pratiques néfastes associées à l'agriculture « conventionnelle ». Il est toutefois permis d'espérer que ces outils contribuent à une baisse du recours aux produits agrochimiques et de la consommation d'eau, tout en laissant la marge pour une une transition vers une agriculture régénératrice.

Analyse du microbiote des sols

À l'instar du corps humain, les sols abritent des millions de bactéries qui influent sur la santé et la croissance des plantes. La startup californienne Trace Genomics aide les agriculteurs à **comprendre le microbiote de leurs sols au moyen de tests ADN**, similaires à ceux de 23andme pour les humains. Les résultats peuvent aider les exploitants à optimiser le choix des cultures en fonction des attributs du sol, ou à ajuster le microbiote. En appliquant le *machine learning* à l'ensemble de leurs données, Trace Genomics peut améliorer ses recommandations au fil du temps.

Biopesticides et biostimulants

Les biopesticides et biostimulants utilisent des **procédés biologiques pour lutter contre les parasites et stimuler la croissance des plantes**. Il s'agit d'une alternative aux pesticides chimiques et aux engrais de synthèse.

Pivot Bio (USA) et Azotic (UK) produisent des micro-organismes dont le génome a été édité pour **aider les plantes à fixer l'azote naturellement présent dans l'atmosphère**, sans recours à des engrais de synthèse. Micropep (France) utilise des peptides naturels comme stimulateurs de croissance et de résistance aux maladies, en augmentant les niveaux de microARN qui **régulent l'expression des gènes**.

Indigo (USA) exploite le microbiote d'espèces de plantes adaptées aux conditions extrêmes pour mettre au point des **enrobages pour semences enrichis en microbes**. Ces derniers permettent ainsi **d'optimiser la consommation d'eau et la résistance à la sécheresse** pour des cultures comme le blé, le maïs, le soja, le riz, l'orge et le coton.

Dans le domaine des biopesticides, Pheronym (USA) a conçu une solution probiotique à base de phéromones, qui attire les **nématodes** (des vers ronds microscopiques) afin qu'ils éliminent les insectes nuisibles. D'autres exemples incluent Elephant Vert (Suisse) et Aphea.Bio (Belgique), qui développent également une gamme de biostimulants.

« Les startups indiennes développant des intrants durables travaillent désormais avec les groupements d'achat de semences, engrais, pesticides et autres équipements. Ces derniers ont un accès direct aux agriculteurs. »

Vijay Nadiminti,
COO, a-IDEA Incubator

Édition génomique des cultures

Au-delà des techniques de génie microbiologique, l'édition génomique est une autre révolution capable d'**améliorer le rendement et la valeur nutritive des cultures, ainsi que leur résistance aux maladies et à la sécheresse**, réduisant le besoin en intrants chimiques de synthèse. Contrairement aux OGM transgéniques, l'édition génomique n'introduit aucun ADN étranger dans les plantes : il s'agit de réarranger les séquences du génome, à la manière d'une « sélection naturelle accélérée ». Les techniques consistent à « copier et coller » les séquences de gènes, avec des outils comme TALEN, ZFN, ou encore CRISPR-Cas9, méthode la plus populaire actuellement en raison de sa facilité d'utilisation et de son faible coût. Les entreprises les plus en vue sont Calyxt, Cibus, et Benson Hill Biosystems (USA).

Thème n°2 : Nouvelles sources de protéines

Viande végétale

Si les substituts de viande comme le tofu et les *veggie burgers* sont disponibles depuis des années, ils sont essentiellement consommés par les végétariens. Pour toucher un public plus large, de nouvelles entreprises développent des **produits dont l'apparence, la texture et le goût sont pratiquement identiques à ceux de la viande**.

Récemment entrée en bourse, Beyond Meat (USA) produit des « steaks hachés, saucisses et bâtonnets de poulet » d'origine végétale, vendus

Photo: Mosa Meat

au rayon viande des supermarchés. Seattle Food Tech (USA) produit des « nuggets » pour les cantines, Right Treat (Hong Kong) de la « viande de porc » pour plats asiatiques, tandis que Just (USA) et NotCo (Chili) se concentrent sur les produits animaux de type « œufs et produits laitiers ». Dans l'ensemble, l'impact environnemental de la viande végétale est estimé 10 à 100 fois inférieur à celui de la viande ordinaire.

Selon Good Food Institute, les startups de viande végétale développent des plateformes technologiques sophistiquées pour **identifier et isoler les protéines végétales, ainsi que pour la formulation, la transformation et la distribution de leurs produits**. Elles mobilisent l'IA, les *big data*, la robotique et les techniques de fabrication avancées, tandis que leurs équipes de chercheurs **décodent la composition de la viande pour la recréer à base de plantes**. Enfin, Impossible Foods se démarque avec un burger végétal capable de « saigner ». La startup utilise une levure génétiquement modifiée pour produire une protéine héminique, un nutriment riche en fer et responsable de la couleur, du goût et de l'odeur du sang.

« L'élevage industriel détruit le monde, il n'y aucun problème plus urgent que celui-ci. Beaucoup de gens ont une dissonance cognitive en mangeant de la viande, et adopteront rapidement les alternatives durables, dès l'instant que celles-ci sont savoureuses, pratiques et abordables.»

Seth Bannon,
Founding Partner chez Fifty Years

Viande propre et agriculture cellulaire

Malgré les progrès réalisés sur la viande végétale, il est probable que certains consommateurs voudront continuer à manger de la « vraie viande », pour des raisons culturelles ou religieuses. La **viande cellulaire** (également appelée « viandre propre ») s'adresse notamment à cette population. Il s'agit de véritable viande, produite **par la culture in vitro de cellules animales** plutôt que par la découpe d'animaux abattus. Cette approche s'inscrit dans le domaine de **l'agriculture cellulaire, qui désigne les produits animaux issus de la culture cellulaire**.

Parmi les nombreuses startups du secteur figurent MosaMeat (Pays-Bas), Memphis Meats (USA), SuperMeat (Israël) ou Integriculture (Japon) qui se concentrent sur la culture de viande bovine et de poulet. Pour pratiquement chaque produit animal grand public, il existe aujourd'hui au moins une variante cellulaire : Finless Foods (poisson), Perfect Day (produits laitiers), Clara Foods (œufs), Geltor (gélatine), Gourmey (foie gras et canard), pour ne nommer que quelques exemples.

Les premières analyses du cycle de vie sont encourageantes : la viande cellulaire pourrait diviser par un facteur 10 à 20 les émissions de gaz à effet de serre et l'utilisation des terres, réduire la consommation d'eau, sans augmenter la consommation d'énergie. Cependant, une étude de 2019 publiée par l'Université d'Oxford avertit que *« l'impact de la viande de culture sur le climat dépendra d'une disponibilité suffisante d'énergie décarbonéee, ainsi que de l'efficacité du procédé de culture à grande échelle »*.

En cinq ans, le coût d'une livre (un demi-kilo) de viande cellulaire est passé de 300 000 $ à quelques centaines de dollars. Cette évolution est encourageante, mais la **parité prix nécessitera des progrès** considérables sur différentes briques technologiques, telles que la fabrication et le recyclage du milieu de culture. **La réglementation, la réaction des consommateurs et la capacité à reproduire une texture appétisante** font également partie des difficultés à surmonter. Néanmoins, le secteur a attiré l'investissement de plusieurs milliardaires comme Bill Gates et Richard Branson, ainsi que les géants mondiaux de la viande Tyson et Cargill.

Protéine d'insectes

Qu'il s'agisse de monocultures de soja pour nourrir le bétail ou de farines de poisson utilisées dans l'aquaculture, la production d'aliments pour animaux représente un coût écologique conséquent. La protéine d'insectes offre une alternative durable, qui peut être produite à grande échelle dans des **fermes automatisées** comme celle d'Ynsect (France), Protix (Pays-Bas) et Agriprotein (Afrique du Sud). La protéine d'insectes peut également servir à produire des encas ou farines pour la consommation humaine, comme Hakkuna (Brésil). Enfin, Livinfarms (USA) commercialise des fermes d'insectes pour l'élevage professionnel et domestique.

Protéine d'algues

Les algues sont une source alternative de protéines à haute valeur nutritionnelle et aux nombreux bienfaits pour la santé. Certains entrepreneurs ont développé des technologies de culture pour certaines algues. Energaia (Thaïlande) fournit des kits de production de spiruline sur les toits de Bangkok, tandis que Triton (USA) cultive une espèce d'algues spéficique pour servir d'ingrédient dans la viande et le lait d'origine végétale.

Photo: Mosa Meat

Challenges

De l'*AgTech* intensive à l'*AgTech* régénératrice? Malgré le potentiel de l'*AgTech* pour l'agriculture durable, peu d'innovateurs remettent en question le modèle de la monoculture intensive, pourtant responsable de la dégradation des sols et de la biodiversité. Pour nourrir durablement 10 milliards d'humains, les innovations comme la viande végétale et l'agriculture de précision devront converger avec une agriculture régénératrice. Cette approche repose sur des pratiques simples telles que le labour minimal ou le non-labour du sol, la rotation des espèces, les cultures de couverture, les plantes vivaces et la réduction drastique des intrants agrochimiques. Ces principes sont aujourd'hui appliqués à des exploitations de toutes tailles, et montrent des résultats prometteurs sur les rendements et la lutte contre les parasites. Le *carbon farming* (voir ODD 13), l'agro-écologie et la synécoculture (voir ci-dessus) sont quelques pratiques connexes.

L'intérêt des consommateurs pour des régimes alimentaires moins carnés et les viandes artificielles. La transition vers une alimentation principalement végétale à l'échelle mondiale est cruciale pour restaurer le climat et les écosystèmes, mais il est difficile de savoir si les consommateurs seront prêts à un tel changement. En effet, la viande est ancrée dans la tradition culinaire de nombreux pays développés, et les nouvelles classes moyennes des pays émergents aspirent à un confort de vie similaire. Certes, des signaux faibles révèlent une timide réduction de la consommation de viande par habitant dans certains pays. Mais la « fausse » viande végétale, la viande cellulaire « cultivée en laboratoire », les snacks aux grillons et autres smoothies aux algues suscitent davantage de curiosité qu'un réel intérêt des consommateurs, à ce stade.

Eviter le syndrôme « Frankenfood ». L'Organisation mondiale de la santé et 90 % des scientifiques estiment que les OGM ne présentent pas plus de risque pour la santé que les aliments conventionnels. Pourtant, seul un tiers des consommateurs partage cet avis. La première raison de ce scepticisme est probablement le fait que jusqu'à présent, les OGM ont surtout été utilisés pour fabriquer des semences résistantes aux pesticides et conçues pour les monocultures. Bien qu'aucun consensus ne se dégage quant à l'impact des OGM sur le niveau d'usage des pesticides, ce lien demeure préoccupant. Un second facteur d'explication est l'image des géants agro-biotech comme Monsanto, notoirement connu pour ses manquements à l'éthique et ses produits toxiques (DDT, agent orange, etc.). Le troisième facteur est une part de peur irrationnelle : d'après un sondage, 80 % des Américains sont favorables à l'étiquetage des « aliments contenant de l'ADN », soit la totalité de notre alimentation … Cette situation de défiance porte entrave au potentiel, réel, d'applications OGM à portée humanitaire et environnementale, telles que les cultures résistantes aux maladies tropicales et à la sécheresse. De plus, elle pourrait faire obstacle au développement des nouvelles techniques d'édition génomique comme CRISPR (voir ci-dessus). Alors qu'elles sont potentiellement plus précises et plus efficaces, ces technologies divisent déjà le monde quant à leur régulation : aux États-Unis, elles sont vues comme une sélection naturelle accélérée car elles n'introduisent pas d'ADN étranger, tandis que la Cour de justice européenne a décidé en 2018 qu'elles devaient être regulées comme des OGM. Cette décision pourrait non seulement compromettre l'adoption de ces techniques en Europe, mais aussi parmi les agriculteurs africains qui exportent vers le vieux continent.

Objectif 3

BONNE SANTÉ ET BIEN-ÊTRE

Permettre à tous de vivre en bonne santé et promouvoir le bien-être de tous à tout âge.

1 Million
D'ENFANTS
(ÂGÉS DE 5 À 14 ANS) SONT MORTS EN 2016, EN GRANDE PARTIE DE CAUSES ÉVITABLES

WORLD HEALTH STATISTICS, (STATISTIQUES SANITAIRES MONDIALES) 2018 DE L'OMS

12.6
MILLIONS DE MORTS
CHAQUE ANNÉE (¼ DES DÉCÈS DANS LE MONDE) SONT IMPUTABLES À L'INSALUBRITÉ DE L'ENVIRONNEMENT, CAUSÉE PAR LA POLLUTION DE L'AIR, DE L'EAU ET DU SOL, L'EXPOSITION AUX SUBSTANCES CHIMIQUES, LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES ET LES RAYONNEMENTS ULTRAVIOLETS

OMS, 2016

> Le progrès ne se mesure pas en moyennes nationale ou mondiale, mais par l'amélioration du niveau de santé des populations pauvres. **Négliger les pauvres, c'est négliger l'essentiel**

DR. MARGARET CHAN, *ANCIENNE DIRECTRICE DE L'ORGANISATION MONDIALE DE LA SANTÉ (OMS)*

Photo: rawpixels

Photo: LivingGoods

Impact Tech et ODD 3

Vivre en bonne santé est un droit humain. Pourtant, nombreux n'en jouissent pas. Cette section se focalise principalement sur les outils technologiques pour atteindre les cibles de l'ODD 3 — un meilleur accès aux médecins, aux soins et traitements. Nous y présentons également une sélection d'avancées scientifiques plus générales, qui est bien entendu tout sauf exhaustive.

Éliminer les décès évitables de nouveau-nés et d'enfants de moins de 5 ans, et réduire la mortalité néonatale *[3.2]*

L'e-santé pour enfants et femmes enceintes

Selon l'OMS, 2,6 millions de nouveau-nés sont morts en 2016 et 15 000 enfants de moins de cinq ans sont décédés chaque jour. Bien que divers facteurs entrent en jeu, un meilleur accès à l'information sanitaire permettrait de nombreuses vies dans les pays en développement. Plusieurs plateformes numériques et réseaux sociaux pour les soins aux femmes enceintes et aux enfants ont fait leur apparition, comme Healofy en Inde, GiftedMom au Cameroun, et MOBicure au Nigeria. Ils fonctionnent généralement avec des **applications mobiles** destinées aux jeunes mères et futures mères, pour faciliter **le suivi de l'état de santé de leur enfant,** et leur permettre dl'accéder à des **conseils parentaux et une expertise médicale**.

Mettre fin à l'épidémie de sida, à la tuberculose, au paludisme et aux maladies tropicales négligées, et combattre l'hépatite, les maladies transmises par l'eau et autres maladies transmissibles *[3.3]*

Vaccins à ADN

Les vaccins standards sont constitués d'agents pathogènes morts et affaiblis, ainsi que de protéines dérivées de ces micro-organismes. A l'inverse, les vaccins « génomiques » sont faits d'ADN ou d'ARN qui incitent les cellules humaines à produire les protéines immunisantes recherchées. La production industrielle de protéines étant très coûteuse, cette technologie permettrait de **fabriquer des vaccins plus rapidement et moins chers**. Ces nouveaux vaccins pourraient en outre combattre d'autres maladies, comme le cancer. Moderna Therapeutics et Synthetic Genomics sont deux sociétés américaines dévelopant de tels vaccins.

Forçage génétique (*gene drive*)

Une des premières applications imaginées pour le « ciseau génomique » CRISPR-Cas9, le forçage génétique vise à **diffuser des modifications génétiques** au sein d'une espèce en vue **d'éradiquer une maladie**. Soutenu par la Fondation Gates, le projet Target Malaria vise objectif dans les populations de moustiques porteurs du paludisme.

L'enjeu est immense : le paludisme cause chaque année la mort de 300 000 enfants de moins de cinq ans rien qu'en Afrique, et le forçage génétique pourrait apporter une nouvelle réponse. Néanmoins, certaines critiques soulignent que les **conséquences** sur les écosystèmes naturels sont **difficiles à prévoir** et interrogent le choix éthique de démarrer les expériences dans des pays africains servant, de fait, de cobayes. Ainsi, bien que cette technologie soit déjà opérationnelle, les scientifiques se montrent très prudents. En février 2019, les moustiques ont été libérés pour la première fois dans un laboratoire hautement sécurisé à Terni, en Italie.

Outils de diagnostic pour maladies infectieuses

Si la recherche a encore beaucoup à faire pour comprendre les épidémies de maladies infectieuses, un diagnostic précoce peut sauver de nombreuses vies. Au croisement de l'IA, des technologies mobiles et des appareils médicaux, de **nouveaux outils fournissent un diagnostic peu coûteux, rapide et non-invasif**. Par exemple, le kit Matibabu (Ouganda) permet de diagnostiquer le paludisme grâce à une application mobile reliée à un « matiscope » physique. Du côté *low-tech*, Manu Prakash, un scientifique de Stanford, a mis au point une centrifugeuse manuelle faite de papier, de ficelle et de plastique, qui pourrait révolutionner les méthodes de diagnostic.

Réduire le taux de mortalité prématurée due à des maladies non transmissibles et promouvoir la santé mentale et le bien-être *[3.4]*

Outils de diagnostic pour maladies chroniques

De nouvelles solutions permettent de réaliser un **diagnostic non invasif du cancer**. iBreastExam (Inde) détecte le cancer du sein à l'aide de capteurs tactiles, tandis que Damae Medical (France) utilise une **technologie optique** pour diagnostiquer le cancer de la peau. Grâce au *machine learning*, les startups américaines Grail et Freenome pourraient détecter le cancer par des **biopsies liquides**, comme une simple prise de sang. EchOpen (France) propose une solution peu coûteuse adaptée aux pays en développement : un écho-stéthoscope ***open-source*** (une sonde d'échographie) relié à un smartphone. Il permet de réaliser un diagnostic rapide et peu onéreux, afin de favoriser une meilleure orientation pour les soins médicaux ultérieurs.

Soins et suivi centrés sur le patient

Alors que les soins traditionnels ont lieu en présence des médecins, le numérique permet d'apporter **un suivi médical, des conseils de qualité de vie et des soins préventifs à distance.** PatientsLikeMe (UK) est un pionnier du secteur : le site met en relation les personnes atteintes de maladies rares afin qu'elles puissent partager des données et leurs expériences.

Wefight (France) a créé Vik, un *chatbot* fournissant aux malades du cancer des informations sur leur traitement et un canal de communication avec les médecins. Au Kenya, Baobab Circle fournit sur téléphone mobile des informations personnalisées aux personnes souffrant de diabète et d'hypertension, ainsi que l'accès à des médecins et nutritionnistes. Enfin,

Photo: Open Bionics

Tommi (Italie) a conçu une expérience de réalité virtuelle pour soulager les enfants soumis à des traitements éprouvants et douloureux.

***Data Science* pour l'épidémiologie**

Bien que la tentative de Google pour prédire les épidémies de grippe et de dengue à partir des recherches internet aie fait long feu, de nouvelles approches utilisant les *big data* pourraient révolutionner l'épidémiologie — l'étude de la distribution et du contrôle d'une maladie dans une population donnée. Les laboratoires Senseable City Lab et Alm Lab du MIT ont mis au point le projet Underworlds, qui **analyse les eaux usées** pour prédire les tendances de santé urbaine en quasi temps quasi réel, et un haut niveau de précision géographique. Le pilote porte sur la surveillance des maladies infectieuses et la prévision des épidémies.

Apporter à chacun une couverture santé universelle couvrant les risques financiers et donnant accès aux services, médicaments et vaccins essentiels de qualité *[3.8]*

L'e-santé pour les soins « du dernier kilomètre »

La **logistique du dernier kilomètre pour les services de base**, y compris les soins de santé, est l'un des défis les plus importants dans le domaine du développement international. Si la santé mobile a un rôle à jouer, c'est sans doute la **convergence entre soins numériques et physiques** qui sera déterminante. Living Goods (USA) livre des produits de santé de première nécessité en Afrique de l'Est, grâce à un réseau de micro-entrepreneurs locaux appelés « promoteurs de santé ». Tous reçoivent des fournitures médicales de base et un smartphone équipé d'**applications dédiées au diagnostic et à la grossesse**. En Inde, eVIN (Electronic Vaccine Intelligence Network) fournit une application pour le suivi en temps réel des **stocks et flux de vaccins**. La chaîne d'approvisionnement des vaccins est ainsi renforcée, et en en particulier sur le dernier kilomètre.

Prothèses imprimées en 3D

L'impression 3D permet de fabriquer **des prothèses abordables et sur mesure** pour les personnes amputées ou en situation de handicap. Andiamo (UK) fabrique par exemple des orthèses pédiatriques sur mesure, prêtes en deux semaines. Au Royaume-Uni et en France, Open Bionics et MyHumanKit ont

développé des prothèses de substitution pour les bras, dont les modèles numériques sont disponibles en *open source* et peuvent être améliorés par des contributeurs du monde entier. Enfin, les prothèses imprimées en 3D peuvent améliorer la qualité de vie des blessés de guerre et réfugiés, à l'instar des travaux de l'ONG jordanienne Refugee Open Ware.

« Plateformes technologiques » émergentes à fort potentiel dans la santé — non rattachées à une cible spécifique de l'ODD 3

Médecine régénérative

Domaine prometteur des biotechnologies de santé, la médecine régénérative vise à **reproduire artificiellement les organes du corps humains au moyen de cellules souches.** Aux Etats-Unis, Epibone travaille à la fabrication d'os synthétiques, tandis que Prellis Biologics développe une plate-forme technologique pour la fabrication d'organes s'appuyant sur l'impression de capillaires sanguins.

Thérapies par le microbiote

Les avancées sur la compréhension du microbiote humain ont déclenché une vague d'innovations au cours de la dernière décennie. En effet, la multitude de **micro-organismes présents dans nos corps** pourraient servir à gérer plus efficacement notre santé et le traitement des maladies.

Les thérapies par le microbiote pourraient également constituer une arme face au danger des **superbactéries** résistantes aux antibiotiques, résultat de l'abus de ces derniers. En effet, d'ici 2050 les superbactéries pourraient tuer 10 millions de personnes par an, soit davantage que le cancer. La startup française Eligo crée des phages (virus) dotés de séquences CRISPR qui ciblent les bactéries nocives et provoquent une altération de leur ADN. Cette méthode épargne le reste de micro-organismes de notre corps, à l'inverse des antibiotiques. Le directeur de l'Institut Pasteur a qualifié cette innovation d'*« aussi importante que la découverte de la pénicilline »*.

Nanomédecine

Les nanotechnologies ouvrent des perspectives de diagnostic, de traitement, et d'amélioration de la chaîne de distribution des médicaments. Par exemple, Nanoly Bioscience (USA) utilise des polymères pour **protèger les protéines vaccinales contre leur dégradation**, permettant un transport sécurié. Pour le traitement du cancer par radiothérapie, Nanobiotix (France) a développé des nanoparticules qui s'accumulent dans les cellules cancéreuses et **amplifient les effets locaux des rayonnements**, sans causer de dommages supplémentaires aux tissus sains environnants.

Médecine de précision et *Big Data* pour la recherche médicale

Au croisement des **sciences de la vie, de la bio-informatique et de l'analyse des données**, la médecine de précision peut être définie comme *« la collecte, l'intégration et l'analyse de données de sources multiples, dans le but de produire des connaissances personnalisées sur la santé et la maladie de chaque patient »*. S'il s'agit d'une vision long terme, la première étape passe par une **meilleure compréhension des maladies selon la typologie des patients**, prenant notamment en compte leur environnement.

Les projets actuels consistent en de grandes bases de données pour la recherche médicale, rassemblant les **données génétiques**, les **dossiers médicaux** et les données produites par les **appareils connectés**. Certaines entreprises comme Fitbit et 23andMe détiennent déjà de vastes jeux de données, mais de nouveaux efforts de collecte font leur apparition. Citons le Human Project de la NYU, qui collecte les données de 10 000 New-Yorkais, ou encore Verily et son Project Baseline. Notons que Verily et 23andMe sont toutes deux filiales d'Alphabet, la société mère de Google. Dans le domaine de la santé mentale, le projet germano-belge AETIONOMY vise à compenser les 70 % de coupes budgétaires dans la recherche pharmaceutique en psychiatrie depuis 2006. Enfin, le projet Human Cell Atlas vise à **cartographier l'ensemble des cellules humaines**.

Comme le souligne l'ONG data&society, de telles initiatives suscitent des inquiétudes, car les jeux de données **pourraient être biaisés**, influant sur les résultats *(pour plus d'informations sur les risques associés aux biais algorithmiques, voir le Chapitre 4)*.

Challenges

garantir la sûreté de l'édition du génome. Afin de maximiser les retombées positives de l'édition génomique, les scientifiques doivent évaluer précisément ses conséquences sur les humains et les écosystèmes. La revue Nature Methods a retiré en mars 2018 un article controversé qu'elle avait publié, lequel mettait en avant les effets inattendus de CRISPR sur des parties non ciblées de l'ADN — il s'avère que l'étude manquait de données crédibles. Cependant, de nouveaux travaux sont nécessaires pour analyser cette technologie in vivo, en particulier suite à la naissance de bébés CRISPR en Chine, et avec la libération imminente de moustiques génétiquement modifiés pour lutter contre le paludisme.

Confidentialité et protection des données de santé. Les carnets de santé numériques suscitent des inquiétudes légitimes sur la confidentialité des données personnelles. La controverse sur le projet *My Health Record* en Australie illustre cet enjeu, de même que le piratage en 2018 du plus grand prestataire de soins à Singapour, compromettant les données de 1,5 million de citoyens, dont lr Premier Ministre. L'investissement de 300 millions $ du géant pharmaceutique GlaxoSmithKline dans 23andMe témoigne de l'attrait de la médecine de précision, mais s'accompagne de préoccupations quant à la monétisation des données de santé. Pour y remédier, certains proposent de nouvelles approches, telles que l'utilisation d'une *blockchain* pour sécuriser les dossiers médicaux en Estonie, ou d'initiatives permettant aux citoyens de garder le contrôle de leurs données. Ainsi, SalusCoop (Espagne) est une coopérative citoyenne autorisant le partage des données de santé pour l'innovation médicale au service du bien commun. Nebula Genomics (USA), soutenue par le célèbre généticien George Church, vise à rétribuer les patients en crypto-monnaie lorsque leurs données génomiques contribuent à la recherche pharmaceutique privée.

Photo: James Gathany, Judy Schmidt, USCDCP

***Fake news* et conspirationnisme anti-vaccins.** Selon l'OMS, le refus ou la réticence à se faire vacciner, en dépit de la disponibilité des vaccins, figure désormais au top 10 des menaces pour la santé mondiale, aux côtés d'Ebola, du VIH, de la pollution atmosphérique et de la résistance aux antibiotiques. La situation est critique en Europe et aux États-Unis, où les épidémies de rougeole sont en recrudescence. Les réseaux sociaux, applications de messagerie et plateformes vidéos ont largement propagé les *fake news*, études douteuses et théories conspirationnistes alimentant les « anti-vax ». Les grandes plateformes commencent juste à s'emparer du problème.

Des systèmes de santé au bord de la faillite. Dans de nombreux pays, l'arrivée sur le marché de nouvelles thérapies coûteuses, le vieillissement de la population et la progression des maladies chroniques (cancer, Alzheimer, dépression) menacent l'équilibre budgétaire de la santé publique. Ainsi, une évolution durable des système de santé est indispensable. Davantage de données sur l'efficacité des traitements sont nécessaires pour optimiser des coûts, mais les gouvernements et les entreprises devront se mettre d'accord sur le partage de ces coûts.

Objectif 4

ÉDUCATION DE QUALITÉ

Assurer l'accès de tous à une éducation de qualité, sur un pied d'égalité, et promouvoir les possibilités d'apprentissage tout au long de la vie.

6 SUR 10

ENFANTS ET ADOLESCENTS, SOIT 617 MILLIONS DANS LE MONDE, N'APPRENNENT PAS (ILS N'ACQUIÈRENT PAS LES COMPÉTENCES MINIMALES EN LECTURE ET EN MATHÉMATIQUES), MÊME SCOLARISÉS

INSTITUT DE STATISTIQUE DE L'UNESCO, 2017

PRÈS DE 100 ANS :

AU RYTHME ACTUEL, C'EST LE TEMPS QU'IL FAUDRA AUX ENFANTS DE FAMILLES PAUVRES POUR RATTRAPER LES NIVEAUX D'APPRENTISSAGE DES PLUS RICHES

BROOKINGS INSTITUTION, 2017

> Un enfant, un professeur, un livre et un crayon peuvent **changer le monde**
>
> **MALALA YOUSAFZAI,** *PRIX NOBEL DE LA PAIX*

Photo: epicurean

Photo: Dext Technology

Impact Tech et ODD 4

Comme le résumait le célèbre pédagogue brésilien Paulo Freire dans son chef-d'œuvre Pédagogie des opprimés : *« l'éducation libératrice se fait par le développement de capacités cognitives, plutôt que par la simple transmission de l'information. »* Au vu des profonds changements induits par la technologie dans la société, il est crucial de garantir à chaque individu une éducation et une formation inclusives, de qualité, et tout au long de la vie.

Faire en sorte que toutes les filles et tous les garçons suivent, sur un pied d'égalité, un cycle complet d'enseignement primaire et secondaire gratuit et de qualité, débouchant sur un apprentissage véritablement utile *[4.1]*

Supports de cours numérique

L'*EdTech* (technologies pour l'éducation) est un secteur en plein essor, notamment autour de la salle de classe. L'ONG indienne Meghshala utilise des applications mobiles pour appporter aux enseignants des **supports de cours multimédia**, en anglais et dans les langues vernaculaires. Rumie (Canada) fournit des **tablettes à un prix abordable** aux élèves de 20 pays, comme le Libéria, la Syrie et le Guatemala, afin de leur donner accès à du contenu éducatif sélectionné par leur communauté de créateurs. S'appuyant sur des outils de suivi individualisé, Literator (USA) et Lalilo (France) permettent aux enseignants de **personnaliser l'enseignement de la lecture et de l'écriture,** en fonction du rythme de chaque enfant.

Bridge pousse ce concept à l'extrême avec un **réseau d'écoles privées *low-cost*** s'appuyant sur le numérique pour faciliter l'éducation des enfants les plus pauvres. Soutenu par des investisseurs notables de la Silicon Valley, Bridge opère au Kenya, en Ouganda, au Nigeria et au Liberia en appliquant la même recette : les **enseignants suivent un contenu scripté sur une tablette**, tandis que la **gestion administrative est automatisée**. Les niveaux d'apprentissage dépassent les moyennes nationales, mais les critiques pointent du doigt les limites des cours scriptés (qui ne forment pas à la pensée critique) et le fait de faire payer une éducation de base aux plus démunis.

Autre approche originale, Endless OS est un **système d'exploitation gratuit pour PC** comprenant une **centaine d'applications et d'outils éducatifs**. Le système a été pensé pour démocratiser l'accès au savoir et à l'informatique en classe comme à la maison, y compris dans les régions privées d'accès à Internet. L'entreprise génère des revenus en vendant ses ordinateurs et d'autres solutions pour les entreprises et acteurs publics.

« Comment améliorer les compétences des enseignants pour qu'ils inspirent les générations futures ? Nous les aidons à donner d'excellents cours et à stimuler les élèves. L'enthousiasme des élèves motive alors les enseignants, créant un cercle vertueux. Cette approche peut avoir un impact colossal : l'augmentation des niveaux d'éducation dans les pays du Sud et la sensibilisation aux enjeux globaux tels que les changements climatiques, la surpêche, ou la paix dans le monde. »

Jyoti Thyagarajan,
Fondatrice et Administratrice de Meghshala

Apprentissage par le « faire »

De nombreuses initiatives visent à démocratiser les **expériences pratiques** en cours, pour développer les savoirs techniques des enfants, y compris dans les régions mal desservies par ce type de cours. Parmi les exemples, citons les kits de biologie d'Amino Labs (USA), les kits électroniques de Dext (Ghana) ou les applications mobiles de Lab4Physics (Chili). Hors milieu scolaire, la Maker Faire a toujours ciblé les enfants, tandis que de nombreux *Fab Labs* et *Fab Cafés* proposent des formations pour enfants.

Data Science pour les politiques d'éducation

L'UNICEF a entrepris de **cartographier toutes les écoles du monde**, ce qui permettrait une évaluation précise de la fracture numérique et aiderait les gouvernements à definir les politiques et investissements dans l'éducation. Outre les données officielles de recensement, le but est de s'appuyer sur le ***crowdsourcing*** (production participative) avec OpenStreetMap, ainsi que sur un outil IA appliquant le *deep learning* sur les images satellites pour identifier les écoles non répertoriées. Ce système repose sur Magic Box, la plate-forme collaborative de partage de données de l'UNICEF qui regroupe des jeux de données des secteurs public et privé.

Augmenter considérablement le nombre de jeunes et d'adultes disposant des compétences nécessaires à l'emploi, à l'obtention d'un travail décent et à l'entrepreneuriat *[4.4]*

Plateformes numériques pour la formation continue

Le rapport du WEF *Future of Jobs* estime que, dans la plupart des professions, 35 % des compétences de base auront changé entre 2015 et 2020. En outre, de nombreux emplois sont appelés à disparaître sous l'effet de l'automatisation. Par conséquent, l'apprentissage devra s'effectuer tout au long de la vie, plutôt que pendant une période précise. Les plateformes numériques **de formation personnalisée** joueront un rôle déterminant.

Les *Massive Open Online Courses (MOOC)*, ont été les pionniers de ce nouveau secteur. Coursera et EdX se sont associés aux **universités** pour diffuser leurs cours en ligne, certains gratuits, d'autres payants dans le cadre de diplômes de Master. Udacity (USA) et OpenClassRooms (France) se concentrent sur **l'acquisition de nouvelles compétences techniques et commerciales** très demandées. CodersTrust (Bangladesh) et Platzi (Colombie) font partie des autres exemples à travers le monde, et la Khan Academy (qui ne se définit pas comme un MOOC) propose depuis 2008 des cours vidéo gratuits pour la plupart des disciplines universitaires.

Les applications mobiles de cours téléchargeables sont très adaptés aux pays en développement, à l'instar d'Eneza qui fournit des cours mobiles hors-ligne à cinq millions de Kenyans. Enfin, les **plateformes de mise en relation entre éléves et tuteurs** peuvent répondre au besoin d'interaction en personne, comme LearnX (Thaïlande) pour les cours d'anglais.

Apprentissage ludique par *gamification*

Le recours aux approches ludiques en pédagogie n'est pas nouveau, mais les plateformes *EdTech* s'appuyant sur la *gamification* rencontrent un beau succès. L'application mobile Duolingo est un exemple célèbre, aidant 300 millions d'utilisateurs à apprendre une langue parmi les 85 proposées. Brilliant (USA) offre des **leçons interactives basées sur la résolution de problèmes** en mathématiques, en sciences et en ingénierie (disciplines dites STEM). Dans les écoles, Geekie (Brésil) aide à accroître la motivation et la capacité d'apprentissage des élèves, grâce à des tests et des cours ludiques organisés dans des parcours personnalisés.

Bootcamps et nouvelles écoles de code

Malgré le succès de la formation en ligne, souvent rien ne remplace les interactions en personne avec un enseignant et d'autres élèves. Pour la formation professionnelle, le **modèle *bootcamp*** peut trouver sa place entre MOOC et université. Les *bootcamps* de code sont des programmes intensifs de 8 à 12 semaines en petites classes, visant à acquérir les compétences d'un développeur junior. Les programmes les plus réputés se sont internationalisés grâce à leur plateforme de contenu exclusif. Fondé en France, LeWagon opère à présent dans 30 villes du monde, avec des frais d'inscription entre 4 000 à 8 000 euros.

Photo: Olabi

Ces prix n'étant pas à la portée de tous, certains acteurs proposent des cours gratuits ou subventionnés pour les **populations défavorisées**, comme Simplon (France). Au Brésil, Mastertech octroie des bourses avec le soutien d'**entreprises clientes et partenaires** comme Facebook. Ce dernier a aussi lancé Estação Hack, un incubateur fournissant des cours gratuits de code pour les femmes, donnés par Reprograma. Aux États-Unis, Pursuit offre des cours gratuits aux étudiants à fort potentiel, moyennant **une cotisation de 12 % sur leurs revenus annuels au-delà de 60 000 $** pendant trois ans après le programme (Lambda School offre un modèle similaire à distance).

Plusieurs écoles de code gratuites et innovantes ont vu le jour récemment. Fondée en 2013 par le milliardaire français Xavier Niel et financée par les entreprises en quête de talents, 42 forme les étudiants en 2 à 5 ans sans aucun enseignant. La sélection des élèves a lieu via des **tests de logique en ligne et des entretiens vidéo**, et ne requiert aucun diplôme. Plusiers acteurs ont transposé ce modèle en Afrique, comme Andela qui embauche les étudiants avec contrat de 4 ans, dans le but de facturer des services de sous-traitance aux entreprises technologiques américaines.

Faire en sorte que tous les élèves acquièrent les connaissances et compétences pour promouvoir le développement durable *[4.7]*

Technologies générant de l'empathie

La réalité virtuelle (VR) peut aider les enfants à se familiariser aux sciences, avec un voyage en bus sur Mars ou une visite de la forêt amazonienne pour comprendre les enjeux de biodiversité et de changement climatique. Certaines études ont démontré que la **VR peut déclencher l'empathie** en se mettant à la place d'autri, un réfugié ou une victime d'agression sexuelle.

L'empathie peut aussi être générée par des ***chatbots*** comme Yeshi, la jeune fille éthiopienne qui nous emmène sur son trajet quotidien de deux heures pour collecter de l'eau. Les **jeux vidéo** sont un autre support puissant : le jeu Never Alone a remporté plusieurs prix pour avoir contribué à la lutte contre la dépression au sein de la population indigène d'Alaska, tout en apportant des revenus à cette communauté.

Challenges

Le modèle d'apprentissage avant la technologie. Michael Horn du Christensen Institute rappelle qu'il est essentiel de *« définir d'abord le modèle d'apprentissage, puis sur la technologie au service de ce modèle. Les initiatives qui partent de la technologie sont vouées à l'échec »*. Le projet One Laptop Per Child en est une illustration, comme mentionné au Chapitre 2.3. Pour mesurer la réussite des modèles, Viria Vichit-Vadakan de Learn Corp (Thaïlande) affirme qu'il faut *« des objectifs clairs en matière d'éducation »*.

Photo: Nikhita S

Enseigner les compétences du XXIe siècle. Dans un rapport de 2018 intitulé *Leapfrogging Inequality*, la Brookings Institution estime que le plus grand défi en matière d'éducation dans les pays en développement, est de traiter simultanément l'inégalité de compétences et l'évolution de leur pertinence future. Comme l'écrit l'auteur, *« les moyens actuellement déployés pour scolariser les enfants les plus pauvres font souvent appel à des structures éducatives qui empêchent l'acquisition des compétences clés du XXIe siècle »*. Ces dernières sont notamment les *soft skills* telles que la collaboration, la créativité, la pensée critique et la résolution de problèmes, et sont capitales pour garantir aux élèves un futur meilleur.

Vers une éducation entièrement personnalisée ? Si elle est déjà en partie faisable sur le plan technique, l'éducation personnalisée pourrait aller jusqu'à des leçons données par une IA endossant le rôle d'un professeur particulier. Dans un article consacré au sujet, Monica Bulger de Data&Society reconnaît des avantages potentiels mais aussi des risques : *« les attentes et les objectifs de l'apprentissage personnalisé ne correspondent pas toujours aux intérêts des élèves, des parents, des enseignants ou même de la société »*. Il est donc essentiel que les acteurs de l'*EdTech* travaillent avec les différentes parties prenantes, notamment pour définir les conditions de réussite et mesurer les répercussions psychologiques sur les élèves.

***EdTech* et institutions éducatives.** Comme le rappelle François Taddeï, directeur du Centre de recherche interdisciplinaire (CRI) à Paris : *« Les MOOC et autres EdTech ne suffiront pas à préparer les jeunes aux grands défis mondiaux. Les institutions éducatives doivent devenir des écosystèmes d'apprentissage au service d'une "société apprenante". La formation initiale doit se concentrer sur les méthodes d'apprentissage et sur la résolution de problèmes par la créativité et la collaboration. La formation continue permet ensuite de transmettre les nouvelles compétences tout au long de notre vie, sur la base des connaissances produites par la recherche. »*

Objectif 5

ÉGALITÉ ENTRE LES SEXES

Parvenir à l'égalité des sexes et autonomiser toutes les femmes et les filles.

5 ÉGALITÉ ENTRE LES SEXES

23%

= ÉCART DE RÉMUNÉRATION ENTRE LES HOMMES ET LES FEMMES DANS LE MONDE

ONU FEMMES, 2018

35%

DES FEMMES DANS LE MONDE ONT SUBI DES VIOLENCES PHYSIQUES ET/OU SEXUELLES AU COURS DE LEUR VIE (SOIT 1 SUR 3)

OMS, 2017

> La culture ne crée pas les gens. **Les gens créent la culture.** S'il est vrai que notre culture ne reconnaît pas l'humanité pleine et entière des femmes, nous pouvons et devons l'y introduire

***CHIMAMANDA NGOZI ADICHIE,** AUTEUR ET FÉMINISTE*

Photo: Giacomo Ferroni

Photo: Martin Vorel

Impact Tech et ODD 5

Si l'égalité des sexes a progressé, les écarts restent colossaux. À l'échelle mondiale, la proportion de filles non scolarisées est supérieure de 50% à celle des garçons. L'écart de salaire entre les sexes est de 23 %. Seuls 24 % des sièges parlementaires sont occupés par des femmes. Enfin, les violences faites aux femmes représentent une « pandémie mondiale », selon ONU Femmes. En complément des outils présentés ci-dessous, d'autres solutions citées dans les sections ODD 4, 6, 8, 10, 11 et 16, contribuent aussi à une meilleure égalité entre les sexes.

Éliminer toutes les violences faite aux femmes et aux filles dans les sphères publiques et privées, y compris la traite et l'exploitation sexuelle, et toute forme d'exploitation *[5.2]*

Outils pour la sécurité des femmes en ville

La majorité des femmes ne se sentent pas en sécurité lorsqu'elles marchent seules dans la rue. Chaque jour, elles sont confrontées au harcèlement et au risque de vol, d'agression, ou pire. Certains outils numériques peuvent réduire cette menace, très prononcée dans les mégalopoles des pays en développement. Par exemple, les **outils de navigation basés sur le *crowdsourcing*** peuvent identifier les itinéraires les plus sûrs, à l'instar de HarassMap (Égypte), Safetipin (Inde) et Amble (UKi)

D'autres applications permettent **d'envoyer un SOS** à des proches en cas de danger, à l'image de Watch Over Me (Malaisie) et Kitestring (USA). L'usage du téléphone pouvant être délicat dans certaines circonstances, certaines entreprises ont conçu des **accessoires portables connectés**, comme le Safelet (Pays-Bas) ou Roar for Good (USA). Pourtant, ces systèmes sont encore chers pour les femmes habitant les régions les plus dangereuses.

Signalement sécurisé des délinquants sexuels

Callisto (USA) permet aux victimes de **signaler une agression sexuelle de manière sécurisée** et rassurante. Ciblant particulièrement les campus universitaires et les lieux de travail, l'ONG utilise un système sécurisé de mise en relation des victimes d'un même agresseur, permettant une identification plus rapide des récidivistes.

Assurer un accès universel aux soins de santé sexuelle et procréative et faire en sorte que chacun puisse exercer ses droits en matière de procréation *[5.6]*

Technologies pour la santé sexuelle et procréative

Dans les pays du Sud, les obstacles culturels et les tabous entravent l'accès de nombreuses filles et jeunes femmes aux informations de qualité sur la puberté et la santé reproductive. Bien qu'elle ne puisse répondre aux causes racines du problème, la technologie permet **un accès anonyme et rassurant à ces informations**. Aurat Raaj est un *chatbot* inspiré de l'héroïne féministe d'une série animée, qui répond aux questions des jeunes pakistanaises.

Dans certains pays, la gêne et le manque de produits d'hygiène menstruelle appropriés peuvent contraindre les jeunes filles à l'abandon scolaire durant leurs règles, augmentant la probabilité d'un mariage précoce. SaathiPads (Inde) produit des **serviettes hygiéniques biosourcées**, confortables, abordables et fabriquées par des femmes en milieu rural, à partir de fibres résiduelles de bananes. Dans les économies avancées, le marché des *FemTech* tourne beaucoup autour des outils pour le **suivi de santé et le bien-être** comme Cue (USA) et B-Wom (Espagne).

Renforcer l'utilisation des technologies pour promouvoir l'autonomisation des femmes *[5.B]*

Formation aux métiers numériques chez les femmes

D'après le rapport annuel 2018 d'ONU Femmes, l'écart de rémunération entre hommes et femmes s'élève à 23 % en moyenne à l'échelle mondiale. Sans mesures décisives, cet écart ne sera comblé que d'ici 68 ans — voire même 217 ans selon les estimations du WEF. De plus, les femmes occupent souvent des métiers moins qualifiés et représentent une minorité dans les filières scientifiques et technologiques. La CNUCED et le WEF estiment donc que le **progrès technologique pourrait amplifier les inégalités entre les sexes**, car les femmes seront davantage touchées par l'automatisation et simultanément moins bien préparées aux nouvelles opportunités.

Pour casser ce cercle vicieux, il est vital de former les femmes aux métiers d'avenir — dont 90 % feront appel à des compétences numérique. De nombreux cours et plateformes répondent à ce besoin, tel Laboratoria (Pérou et Amérique Latine), AllWomen (Espagne) et Womenwill, un projet initié par Google en Inde, Indonésie, Japon, Brésil et Mexique). Girls In Tech et le Technovation challenge sont des communautés internationales encourageant les femmes à faire carrière dans la technologie. Pour les plus jeunes filles, des **jeux éducatifs** comme Erase All Kittens (UK) peuvent éveiller un intérêt précoce pour l'informatique.

« Plus votre groupe sera diversifié, plus il sera en mesure de s'attaquer à un large éventail de problèmes. »

Carolina Hadad,
Cofondatrice de Chicas en Tecnología

Plateformes pour l'équité en milieu professionnel

La formation ne suffira pas si le monde du travail reste structurellement inéquitable. Plusieurs startups *HR Tech* telles que Blendoor et Pipeline (USA) **aident les employeurs à améliorer la parité au travail**, et leur rentabilité par la même occasion. Elles procèdent en **éliminant les biais inconscients** pendant l'embauche avec un **traitement semi-automatisé des candidatures,** ou en proposant des plans d'actions RH, suggérés au moyen d'une IA. Mais dans certains pays comme au Pakistan, les barrières socioculturelles imposent, par exemple, aux femmes médecins d'exercer à leur domicile. DoctHERs contourne cette barrière par la téléconsultation pour des patients habitant les déserts médicaux.

Photo: Olabi

Challenges

La nécessité d'un changement culturel profond. Le numérique et les politiques publiques peuvent jouer un rôle important dans l'égalité des sexes, mais celle-ci exige avant tout une révolution culturelle. Même dans les pays où les droits des femmes sont respectés, la culture du viol et du harcèlement est encore bien présente, comme l'a illustré le mouvement #MeToo. Les plateformes numériques peuvent mettre en lumière le problème, mais il est nécessaire de traiter le problème à la racine, comme par exemple dans l'éducation des jeunes garçons.

Surmonter les barrières sociales, en particulier dans les pays en développement. Celles-ci se traduisent, par exemple, par l'écart de formation entre filles et garçons, ainsi que par la fracture numérique entre les sexes. Les femmes à faible revenu bénéficient en effet d'un accès plus limité à Internet et ses opportunités, par rapport aux hommes de la même catégorie sociale. Parmi les autres facteurs, citons l'absence de jouets non genrés qui pourraient davantage inciter les jeunes filles à se projeter dans des parcours de vie et de carrière différents, ou le manque de *role models* féminins dans les métiers scientifiques et les postes à responsabilités.

Parité dans la *tech* : tout reste à faire... Les études sur la satisfaction au travail des femmes ingénieures et sur leurs raisons de départ font état d'un milieu professionnel peu accueillant : rémunération inférieure, mauvaises conditions de travail, difficultés à s'épanouir, manque de reconnaissance. Nous abordons ces enjeux plus en détails au Chapitre 4.

« L'autonomisation des femmes par la technologie n'est pas un sujet secondaire, à ajouter à un projet entamé. Pour parvenir à une réelle égalité entre les sexes à l'ère du numérique, les questions de genre doivent être au cœur même des travaux portant sur l'intersection entre technologie et politique. »

Nanjira Sambuli,
Senior Policy Manager à la World Wide Web Foundation

Objectif 6

EAU PROPRE ET ASSAINISSEMENT

Garantir l'accès de tous à l'eau et à l'assainissement et assurer une gestion durable des ressources en eau.

6 EAU PROPRE ET ASSAINISSEMENT

PRÈS DE 1000 ENFANTS **MEURENT CHAQUE JOUR** DE MALADIES FACILES À PRÉVENIR EN AMÉLIORANT LES CONDITIONS D'ASSAINISSEMENT ET D'HYGIÈNE

PNUD, 2016

1/2 PERSONNE VIVRA D'ICI 2025 DANS UNE **RÉGION TOUCHÉE PAR LE STRESS HYDRIQUE**

OMS / UNICEF, 2017

2 MILLIARDS DE PERSONNES BOIVENT DE L'**EAU CONTAMINÉE**

OMS / UNICEF, 2017

> Au commencement de toute l'humanité est l'eau. Au début de toute dignité, de toute santé, de toute éducation, de tout **développement. Dans l'ordre des priorités, rien ne précède l'accès à l'eau**
>
> ***ERIK ORSENNA,*** *MEMBRE DE L'ACADÉMIE FRANÇAISE*

Photo: Abigail Keenan

Photo: Desalitech

Impact Tech et ODD 6

Beaucoup des solutions pour l'ODD 6 s'appuient sur des **procédés de purification de l'eau visant à éliminer les contaminants, les matières solides et gaz en suspension, afin d'obtenir une eau adaptée à l'usage désiré** : eau potable, irrigation, usage industriel ou domestique. Les diverses méthodes de purification sont utilisées en combinaison, selon l'origine de l'eau (souterraine, surface, mer, eaux usées).

Les technologies de purification reposent sur des procédés physiques, chimiques et biologiques. Les procédés physiques comme la filtration, la distillation ou l'adsorption, s'appuient sur la gravité et les barrières physiques pour désinfecter l'eau. Les procédés chimiques tels que la chloration, la floculation, les rayonnements UV et l'oxydation sont utilisés pour désinfecter éliminer les polluants lourds. Les procédés biologiques imitent la dégradation naturelle qui se produit dans les rivières et les lacs, au moyen de bioréacteurs ou au sein de systèmes de traitement naturel.

Dresser une liste exhaustive de ces techniques dépasserait largement le cadre du présent rapport, surtout au vu de leur constante évolution. Parmi les innovations récentes, citons les membranes nouvelle génération, les piles à combustible microbiennes, les nanotechnologies et les solutions reposant sur des procédés naturels. Les lecteurs curieux sont invités à se plonger dans les rapports annuels d'ONU-Eau, le livre blanc sur l'innovation du 7e Forum mondial de l'eau, ou encore le rapport Future of Water de SoScience.

Les quelques exemples ci-dessous illustrent le rôle que la science et la technologie peuvent jouer dans la réalisation de l'ODD 6. D'autres solutions figurent dans les sections traitant des ODD 2, 9 et 11.

Assurer l'accès universel et équitable à l'eau potable, à un coût abordable *[6.1]*

Pompes à eaux souterraines

Les eaux souterraines sont la source d'eau douce la plus importante au monde, abreuvant 2 milliards de personnes et la majeure partie du secteur agricole. Les pompes solaires comme Futurepump (UK) sont des solutions éprouvées, mais des innovations émergent régulièrement, comme les **pompes à eau intelligentes** mises au point à Oxford, qui prédisent les pannes et évaluent le niveau des nappes phréatiques. One Million Wells (US) a développé une **technologie de forage *low-cost***, déployée en Inde. Néanmoins, la pollution et la surexploitation des eaux souterraines **fait courrir d'importants risques d'épuisement des nappes phréatiques** dans de nombreuses régions. La gestion durable de l'eau (voir cible 6.4) et l'exploration de sources d'eau alternatives sont donc vitales.

Dessalement

Sachant que 97,5 % de l'eau présente sur Terre est salée, le dessalement est souvent considéré comme le graal. Les méthodes existantes **consomment énormément d'énergie**, mais certaines avancées technologiques pourraient y remédier. Israël compte plusieurs leaders du dessalement, acteurs établis comme IDE Technologies ou des startups comme Desalitech, lequel utilise une membrane de purification par osmose inverse (OI) avec un procédé de récupération énergétique. D'autres acteurs comme Anfiro (USA), DeMem (Singapour) et Nereo (France) travaillent sur des **membranes innovantes** pouvant drastiquement améliorer l'efficacité de l'OI.

Le dessalement solaire décentralisé est une tendance prometteuse. Selon un rapport de DFID publié en 2016, les principales techniques sont : l'OI alimentée à l'énergie solaire telle que Mascara (France) ; le dessalement par adsorption (évaporation puis adhérence sur un matériau adsorbant) ; la distillation membranaire (distillation thermique combinée à une membrane) ; et les serres à dessalement permettant de cultiver des légumes en zones arides, comme le fait l'entreprise australienne Sundrop Farms. En Israël, Tethys produit des kits modulaires de dessalement solaire par évaporation, qui peuvent être combinés pour en augmenter la capacité.

Sundrop Farms. Photo: Mansouraboud68

Collecte d'eau atmosphérique

Si la collecte des eaux pluviales sur les toits et dans les champs est une pratique ancestrale, la collecte atmosphérique est nettement plus récente. Les **capteurs de brouillard et de rosée** sont fort utiles dans les régions (semi-)arides, (sub)tropicales et montagneuses. Parmi les versions modernes, citons FogQuest (USA) dont le pilote se situe dans les Andes chiliennes, et Aqualonis (Allemagne) qui teste son système au Maroc.

Les **générateurs d'eau atmosphérique** (GEA) sont des dispositifs *high-tech* qui extraient l'humidité présente dans l'air ambiant, et fonctionnent sous la plupart des climats. Watergen (Israël) fabrique des GEA de diverses tailles, réputés trois fois plus efficaces que la moyenne. Plus récemment, Zero Mass Water (US) a mis au point un *« hydropanel »* qui produit 12 à 20 bouteilles par jour en utilisant l'énergie solaire.

Purification au point d'usage

Dans les régions dépourvues de ressources en eau suffisantes, la purification au point d'usage est cruciale. En forme de petite mallette, le Solvatten (Suède) utilise la **chaleur et les rayonnements UV** du soleil pour éliminer les pathogènes en quelques heures. Faircap (Espagne) est un **filtre membranaire portatif** qui se visse sur n'importe quelle bouteille. Enfin, le système Wata de la fondation Antenna (Suisse) permet de **synthétiser du chlore in situ** avec un électrolyseur peu coûteux.

Certaines solutions sophistiquées visent à éliminer les contaminants plus difficiles, comme l'arsenic, le fluorure et le fer. Drinkwell (Inde) utilise une membrane à OI enrichie de nanoparticules, tandis que le SolarBag de Puralytics (USA) repose sur un processus photochimique (activé par la lumière du soleil) et optimisé par un nanomatériau. Ces acteurs opèrent souvent plusieurs *business models* adaptés à différents publics : appareil portable, usage domestique ou collectif, clients professionnels, etc.

« Dans une osmose inversée, la majorité de l'eau est perdue. En Inde, un tiers de l'eau potable est perdue dans les fuites des infrastructures de distribution. C'est là que nous avons le plus besoin d'innovation : comment rendre tous ces systèmes plus efficients ? »

Priya Balijepalli,
Sustainability and Foundation Manager, Autodesk India

Assurer l'accès pour tous à des services d'assainissement et d'hygiène adéquats et mettre fin à la défécation en plein air *[6.2]*

Toilettes sans eau

Selon l'OMS et l'UNICEF, trois personnes sur cinq n'ont pas accès à des services d'hygiène sûrs, et 12 % défèquent encore à l'air libre. Ce problème affecte énormément les femmes et les enfants de moins de cinq ans qui souffrent et meurent de maladies hydriques. Pour les nombreuses zones urbaines et en voie d'urbanisation ne disposant d'aucun système de traitement des eaux usées, les **toilettes sans eau** apportent un espoir. Par exemple les Tiger Toilet sont des toilettes *low-tech* à lombricompostage testés par ITT dans les zones rurales indiennes. Conçu pour les camps de réfugiés, MYCOmmunity Toilet est équipé de réservoirs compostables fabriqués à base de champignons mycélium.

Depuis 2011, le challenge *Reinventing The Toilet* de la Fondation Gates a distribué des millions à différents projets de toilettes sans eau, tels que Nano Membrane Toilet. Ce dernier sépare l'eau des déjections et transforme les solides résiduels en gaz et en énergie pour alimenter son fonctionnement. Le prototype coûte cher, mais les inventeurs britanniques espèrent réduire les coûts grâce à une fabrication locale, un modèle *« pay-as-you-go »* et une maintenance effectuée avec des entrepreneurs locaux. Plus généralement, on observe ce type de rapprochement entre paiement à l'usage et économie circulaire dans plusieurs services sanitaires décentralisés. Au Kenya, Sanivation exploite un réseeau de toilettes domestiques dont elle collecte les résidus pour les transformer en briquettes combustibles.

Améliorer la qualité de l'eau en réduisant la pollution et les émissions dangereuses, en éliminant l'immersion de déchets, en diminuant de moitié la proportion d'eaux usées non traitées et en augmentant significativement le recyclage et la réutilisation de l'eau *[6.3]*

Le rapport 2017 de ONU-Eau analyse le cycle des eaux usées en quatre étapes : (i) prévention de la pollution à la source, (ii) collecte et traitement, (iii) réutilisation de l'eau, et (iv) récupération des ressources (énergie, nutriments, sous-produits). La première étape est couverte dans les ODD 2, 9, 11 et 12, et les trois dernières ci-dessous. Nous les avons analysé à deux échelles : réseaux d'assainissement centralisés et systèmes décentralisés.

Traitement circulaire des eaux usées

Selon ONU-Eau, *« le paradigme de la gestion des eaux usées, est en train de passer d'une approche "traitement et élimination" à une vision «réutilisation, recyclage et récupération de ressources» ».*

En fonction du traitement, l'eau purifiée peut être réutilisée dans l'industrie, l'agriculture (40 % de l'irrigation en Israël provient des eaux usées), et même pour la recharge des aquifères et la consommation d'eau potable, à l'instar de l'usine Windhoek en Namibie et de NEWater à Singapour. Ces systèmes reposent sur plusieurs procédés présentés en début de section.

Les eaux usées peuvent être une source efficace et durable pour la production de nutriments, d'énergie (thermique, biogaz, hydraulique) et de divers sous-produits. L'azote et le phosphore peuvent servir à la production d'engrais, tandis que l'épuration par micro-algues peut capturer de précieux matériaux transformables en biocarburants, produits cosmétiques et bioplastiques, comme en fabrique Eggplant (Italie).

L'innovation sur les procédés naturels constitue un autre domaine prometteur. Agua Inc combine la phytoremédiation végétale (plantes filtrantes, absorption des métaux lourds) avec un biofilm bactérien qui désagrège les nutriments et les contaminants.

Systèmes décentralisés de traitement des eaux usées *(DEWATS)*

Les *DEWATS* sont des solutions peu coûteuses mélangeant systèmes autonomes et collectifs pour répondre aux besoins d'assainissement de maisons individuelles, de communautés éparses et de zones rurales. Spin-off de l'Université de Cornell, AguaClara est une entreprise sociale qui conçoit des **systèmes de traitement alimentés par la gravité.** Fonctionnant sans électricité, ces dispositifs sont destinés principalement aux communautés à faibles revenus, avec une usine pilote au Honduras. Le fonctionnement repose sur un ensemble de processus chimiques et physiques simples : floculation, sédimentation et filtres à sable.

Augmenter sensiblement l'efficacité hydrique dans tous les secteurs et garantir la viabilité de l'approvisionnement en eau douce *[6.4]*

Efficacité hydrique

Selon ONU-Eau, l'agriculture et l'industrie (en incluant la production d'énergie) utilisent respectivement 70 % et de 20 % des réserves d'eau douce — la part industrielle étant plus importante dans les économies développées. L'efficacité hydrique est donc le moyen le plus immédiat d'éviter les pénuries.

Dans l'agriculture, il existe trois grands types de solutions. Premièrement, les **systèmes d'irrigation efficients** comme la micro-irrigation (voir SunCulture au Kenya) et les systèmes en circuit fermés pour les fermes urbaines. Deuxièmement, **l'agriculture de précision** (voir ODD2). Troisièmement, les **nouvelles sources de protéines** qui contribuent à la réduire l'empreinte en eau associée à l'élevage (voir ODD 2).

Dans l'industrie, les solutions d'efficacité hydrique sont plus variées (voir ODD 9) mais on identifie quatre catégories principales : (i) **les matériaux et sources d'énergie** à faible empreinte en eau, (ii) les **processus de conception et de fabrication** économes en eau, (iii) le **recyclage d'eau** sur site, et (iv) les **outils de surveillance** prévenant les fuites et optimisant la consommation d'eau au quotidien.

Outils de gestion des ressources en eau

La technologie peut aider les municipalités et les services publics dans la gestion efficace de leur approvisionnement en eau. Les **plateformes de suivi** comme Takadu (Israël) et Apana (USA) permettent de détecter les fuites, les pannes et systèmes défectueux, tout en élaborant des analyses prédictives. Utilis (Israël) s'appuie sur l'**imagerie satellite pour détecter les fuites**. Capta Hydro (Chili) fournit une plateforme de **télémétrie et d'automatisation** pour gérer la distribution dans les bassins versants et les canaux d'irrigation. SweetSense (USA) emploie des **capteurs de télédétection *low-cost*** pour apporter transparence et efficacité aux services d'eau et d'assainissement dans les pays en développement.

Le **traçage de l'eau** est une technologie émergente où lesdits « traceurs » sont des particules invisibles (et écologiques) encapsulant des séquences d'ADN. Cette technique permet de définir une empreinte pour chaque ressource en eau, et ainsi surveiller leur débit et leurs caractéristiques (température, pH, composition). Parmi les acteurs, citons Haelixa (Suisse), *spin-off* de ETH Zurich, ainsi qu'un projet de recherche australien étudiant l'influence de l'exploitation monière sur la qualité des eaux souterraines.

Challenges

Le nexus eau-énergie-alimentation. Comme résumé par ONU-Eau : *« Ces trois secteurs cruciaux sont inextricablement liés, et requièrent une approche intégrée pour garantir la sécurité alimentaire et en eau, et la durabilité des productions agricole et énergétique à travers le mon de. »* Dans les régions les plus sèches ayant recours à l'irrigation intensive, comme en Inde, au Pakistan, au Mexique et dans le Midwest américain, les aquifères sont déjà largement épuisés ; un phénomène qui guette également le continent africain et les pays d'Europe orientale. Par exemple, les pompes à eau solaires ont un effet pervers : si l'énergie solaire est perçue comme gratuite, les agriculteurs auront recours à une irrigation excessive, pouvant entraîner une pénurie d'eau. Une initiative intéressante dans l'État indien du Gujarat consiste à inciter les agriculteurs à revendre le surplus d'électricité au réseau. Le bénéfice est triple : les ressources en eau sont préservées, l'agriculteur voit ses revenues augmenter, et l'administration local bénéficie d'une production électrique supplémentaire.

« Le rôle joué par les écosystèmes naturels pour les écosystèmes humains est largement sous-évalué. Il est impossible de prétendre à un impact positif dans un domaine en ignorant les répercussions négatives ailleurs. Le nexus eau-énergie-alimentation en est l'exemple parfait : les entrepreneurs doivent penser de manière holistique et avec une approche interdisciplinaire. »

Fumiko Kasuga,
Global Hub Director for Japan, Future Earth

Le besoin de percées technologiques. D'importantes barrières subsistent pour purifier l'eau de façon durable et économiquement viable. Les usines de dessalement actuelles consomment une quantité d'énergie colossale, souvent d'origine fossile. Les systèmes d'osmose inverse décentralisés gaspillent jusqu'à 95 % de l'eau à filtrer, car la pression est trop faible.

Photo: Simone Wenth

Objectif 7

ÉNERGIE PROPRE ET D'UN COÛT ABORDABLE

Garantir l'accès de tous à des services énergétiques fiables, durables et modernes, à un coût abordable.

PRÈS DE 1 Milliard
DE PERSONNES N'ONT TOUJOURS PAS ACCÈS À L'ÉLECTRICITÉ

WORLD ENERGY OUTLOOK 2018 DE L'AIE - RAPPORT SUR LES PERSPECTIVES ÉNERGÉTIQUES MONDIALES

35%
DES ÉMISSIONS MONDIALES DE GAZ À EFFET DE SERRE SONT PRODUITES PAR LE SECTEUR DE L'ÉNERGIE

CINQUIÈME RAPPORT DE SYNTHÈSE DU GIEC, 2014

> J'investirais bien dans le soleil et l'énergie solaire. Quelle puissance formidable ! J'espère que **nous n'aurons pas à attendre l'épuisement du pétrole et du charbon pour l'utiliser**

THOMAS EDISON, *INVENTEUR DE L'AMPOULE ÉLECTRIQUE*

Photo: Carl Attard

Photo: Kingo Energy

Impact Tech et ODD 7

Garantir l'accès de tous à des services énergétiques fiables et modernes, à un coût abordable *[7.1]*

Selon l'Agence Internationale de l'Énergie (AIE), en 2018 près d'un milliard de personnes n'avaient pas accès à l'électricité (600 millions en Afrique) et 2,7 milliards avaient recours à la biomasse, au charbon et au kérosène pour la cuisine. Pour les populations les plus pauvres en milieu rural, l'accès à une énergie de meilleure qualité est un facteur essentiel de développement. Elle permet la prévention des maladies respiratoires, une meilleure productivité, et la nuit tombée, améliore la sécurité des femmes et la capacité des enfants à étudier.

Systèmes solaires domestiques et lampes solaires

Les systèmes solaires domestiques *(SHS, pour Solar Home Systems)* combinent énergie solaire et **paiement à l'utilisation *(pay-as-you-go).*** Ils permettent aux utilisateurs d'acquérir le système progressivement par de petits paiements quotidiens, en espèces ou en argent mobile, après versement d'un acompte. Un SHS d'entrée de gamme coûte entre 0,5 $ et 1,25 $ par jour, ce qui est compétitif par rapport aux combustibles, et comprend un panneau solaire, des lampes LED, un chargeur de téléphone et une radio ou une télévision. Les modèles sophistiqués peuvent alimenter des réfrigérateurs ou des ventilateurs. La plupart des acteurs opèrent en Afrique de l'Est, tels que M-Kopa (Kenya), Zola Electric (Tanzanie), BBOXX (UK) et Mobisol (Allemagne, racheté par Engie). Kingo (Guatemala) a introduit le modèle en Amérique centrale, et compte Leonardo DiCaprio parmi ses investisseurs.

Les **lampes solaires** sont encore plus économiques, et vont des modèles de base aux lanternes multifonctions capables de recharger un téléphone. Avec 91 millions d'utilisateurs dans 62 pays, le leader du secteur d.light (USA) se lance désormais sur le marché des SHS.

Micro-réseaux électriques

Alliant une **petite unité de production** (solaire, éolien, biomasse, hydraulique) à un réseau local de distribution, les micro-réseaux (ou *microgrids*) de 5 à 100 kW alimentent jusqu'à 500 foyers et petites entreprises en électricité, selon le cabinet Hystra. Ils servent aussi bien à **desservir des communautés hors-réseau** qu'à fournir une **extension de réseau** dans les régions en voie d'urbanisation.

Pionnier du secteur, Husk Power (Inde) utilise des centrales hybrides solaire-biomasse pour produire de l'électricité 24h/24 et 7j/7, avec un abonnement à partir 2,5 $ par mois. Après avoir démarré avec les paiements en espèces, l'entreprise est passé aux paiements mobiles pour son développement en Afrique de l'Est. Au Kenya, citons PowerGen, également opérateur de micro-réseaux, et SteamaCo qui développe des capteurs connectés pour la gestion des micro-réseaux.

Foyers améliorés (réchauds écologiques)

Selon l'OMS, 4 millions de personnes meurent chaque année de la pollution de l'air intérieur, en raison de réchauds défectueux alimentés en kérosène et combustibles solides. Malgré le développement des **foyers améliorés** ces dix dernières années (250 millions de foyers), des barrières subsistent selon Hystra, telles que l'intégration des **collecteurs de combustibles,** qui sont concurrencés par ces systèmes. Technology Exchange Lab répertorie de nombreux modèles de foyers améliorés, fabriqués par exemple par BioLite et Envirofit (US) ou les projets *open source* de Practical Action et du MIT D-Lab.

Accroître nettement la part de l'énergie renouvelable dans le mix énergétique mondial *[7.2]*

Cruciale pour les ODD 7 et 13, cette cible exige des investissements conséquents dans l'innovation énergétique (production, stockage, gestion des réseaux) et dans le déploiement des infrastructures.

Perovskite solar cells. Photo: Oxford University

Thème n°1 : Technologies avancées pour énergies renouvelables

Les progrès technologiques améliorent substantiellement l'efficacité des énergies renouvelables, et laissent entrevoir de possibles révolutions comme la photosynthèse artificielle. Dans cette section, déjà riche, nous avons laissé de côté deux secteurs : (i) l'énergie hydroélectrique, qui représente 70 % de la production renouvelable mondiale, mais avec un coût environnemental élevé et un niveau d'innovation faible, ainsi que (ii) la récupération de chaleur sur les centrales fossiles. L'énergie nucléaire, source décarbonée jouant un rôle clé face à l'urgence climatique, n'est pas renouvelable et ne rentre pas dans le cadre de la cible 7.2.

Solaire photovoltaïque (PV)

La nouvelle génération de cellules photovoltaïques permet d'améliorer l'efficacité de conversion du rayonnement solaire en électricité. Certains acteurs comme OxfordPV (UK) utilisent le **pérovskite**, un matériau cristallin, pour augmenter d'un tiers le rendement des panneaux en silicium. Le **PV à concentration** utilise un revêtement optique pour concentrer les rayons lumineux et un gain d'efficacité 50 %, selon Insolight (Suisse). A long-terme, les **cellules thermophotovoltaïques pourraient multiplier les rendement par deux** en convertissant d'abord la lumière en chaleur, pour la reconvertir en une lumière dont le spectre de fréquence est mieux adapté aux cellules PV.

Photo: Shaun Dakin

Les **cellules PV organiques** sont fabriquées en partie avec des semiconducteurs organiques, plutôt qu'en silicium. Cette composition les rend moins chères, mais également souples, légères et transparentes, ce qui permet une installation sur les fenêtres. Sunew (Brésil) et Heliatek (Allemagne) figurent parmi les entreprises en pointe, tandis que des laboratoires chinois atteignent de nouveaux records d'efficacité.

Solaire thermodynamique

L'énergie solaire thermodynamique à concentration (CSP pour *Concentrated Solar Power*) utilise des **miroirs pour concentrer la lumière du soleil** et générer de la chaleur. Certains designs comme SkySun (USA) permettent de réduire les coûts. Le CSP peut aussi alimenter les bâtiments avec des **chauffe-eau solaires** par exemple, qui figurent au Top 100 des solutions climat de Project Drawdown.

Éolien

L'analyse de données en temps réel et le *machine learning* peuvent améliorer de près de 15 % le rendement d'un parc éolien, motivant le rachat d'Utopus Insights (US) par Vestas (Danemark), leader mondial des turbines. Pour l'éolien *offshore,* les **fondations flottantes** comme celles de X1Wind (Espagne) apportent une solution clé pour réduire les coûts et capter des vents plus forts, selon l'IRENA. Citons également les **éoliennes aéroportées** (sans mât), commercialisables d'ici 2025, les éoliennes à axe vertical et les éoliennes multirotor.

Énergies marines

Beaucoup ont essayé d'exploiter l'énergie produite par les vagues, les marées, les différences de salinité et de température dans les océans. Jusqu'à présent, les coûts élevés ont été un frein au développement des énergies marines, mais de nouveaux acteurs comme Eco Wave Power (Israël), EEL Energy (France) et Calwave (USA) semblent raviver l'intérêt pour ce secteur émergent.

Géothermie

L'énergie géothermique exploite la chaleur des profondeurs terrestres, acheminée à la surface par la vapeur et l'eau. Ce procédé ancien répond à une part importante des besoins en Turquie, en Islande, en Nouvelle-Zélande, au Kenya et aux Philippines. L'usage de géothermie était limité auparavant aux régions où la chaleur est facilement accessible, notamment près des zones sismiques. Ces dix dernières années, les **systèmes géothermiques stimulés** (EGS pour *Enhanced Geothermal System*) comme celui d'AltaRock (USA) ont permis de dépasser cette barrière. Citons aussi les startups de **géothermie domestique** avec pompe à chaleur, à l'instar de Dandelion, *spinoff* de X, la filiale « *moonshots* » d'Alphabet (la maison mère de Google).

Hydrogène

L'idée d'une économie fondée sur l'hydrogène plutôt que le pétrole date des années 1970. La théorie est très séduisante : c'est l'élément le plus abondant dans l'univers, il peut servir à alimenter un moteur à, produire de l'électricité dans une pile à combustible, se stocke et se transporte sous forme gazeuse ou liquide, et peut servir à fabriquer des carburants et produits chimiques. Cependant, **les coûts d'extraction, de stockage et de transformation de l'hydrogène en énergie utile restent prohibitifs** — expliquant pourquoi les voitures à hydrogène restent marginales.

Certaines avancées permettent de garder espoir. HyTech (USA) a mis au point des électrolyseurs améliorés pour extraire plus efficacement l'hydrogène de l'eau. L'entreprise cible trois marchés : (i) la modification de moteurs diesel fonctionnant avec un mix hydrogène-oxygène, augmentant le rendement tout en réduisant la pollution atmosphérique ; (ii) la transformation de véhicules à essence pour rouler à l'hydrogène ; enfin (iii) le stockage domestique d'énergie sous forme d'hydrogène, potentiellement plus performant que les batteries. Par ailleurs, plusieurs équipes

de recherche travaillent sur des procédés **de production durable d'hydrogène** à base d''eau de mer et d'humidité atmosphérique, plutôt que par reformage du gaz naturel.

« L'installation de nouvelles capacités renouvelables est sur le point de devenir plus rentable que l'exploitation de centrales à charbon existantes. C'est un vrai tournant. A présent le défi est de passer le déploiement à l'échelle rapidement et d'organiser le stockage. »

Mark Campanale,
Fondateur et DG de Carbon Tracker

Bioénergie (biomasse, biogaz, biocarburants)

La bioénergie est produite par la combustion de biomasse (matière organique) sous forme solide, liquide (biocarburant) ou biogaz. **En théorie, le processus est neutre en carbone** car le CO2 libéré pendant la combustion avait été absorbé par la biomasse. Mais les **biocarburants de première génération** utilisant le maïs, la canne à sucre, l'huile de palme, ou d'autres cultures **nécessitent de défricher** des parcelles, engendrant des émissions indirectes. La **seconde génération de biocarburants (cellulosiques)** utilisent les déchets et sous-produits agricoles, règlant en partie le problème, mais leur rendement est faible. La **troisième génération, dérivée des algues,** a fait l'objet d'investissements importants dans les années 2000, à l'instar de Solazyme, mais reste un pari de long-terme dont la viabilité n'est toujours pas prouvée.

La **quatrième génération** englobe plusieurs processus émergents utilisant des **algues génétiquement modifiées**, des **gaz à effet de serre** (voir plus bas) ou **des déchets municipaux** comme source de biomasse. Ainsi Waga Energy (France) convertit le gaz de décharge en biométhane adapté au réseau gaz, tandis qu'Enerkem (Québec) transforme les déchets solides en bioéthanol et produits chimiques biosourcés. Financé par la Fondation Gates, l'Omni Processor transforme **les boues fécales** en électricité et en eau potable, un concept particulièrement adapté aux régions en développement ne disposant pas de tout-à-l'égoût.

Photo: LanzaTech / Dave Malkoff

Carburants à base de CO2 et carburants solaires

La réutilisation de **gaz à effet de serre (GES) capturés pour produire des biocarburants** suscite beaucoup d'intérêt dans le secteur des énergies propres. LanzaTech (Nouvelle-Zélande/USA) a mis au point un procédé de fermentation gazeuse dans lequel les micro-organismes sont cultivés sur des gaz chargés en CO2, plutôt que sur du sucre comme dans la fermentation classique. Ces microbes peuvent ainsi transformer les gaz de combustion des usines en bioéthanol et en autres produits chimiques. En 2018, Virgin Atlantic a effectué le premier vol commercial utilisant en partie le carburant de LanzaTech.

Autre approche, la **photosynthèse artificielle** consiste à reproduire la façon dont les plantes utilisent la lumière du soleil pour transformer l'eau et le CO2 en matière organique. La version artificielle de ce processus consiste à utiliser l'énergie solaire (photons, chaleur ou électricité) pour **produire un « carburant solaire » à partir d'eau et de CO2**. Les technologies sont à un stade de développement précoce, mais quelques acteurs se démarquent. Parmi eux, Carbon Engineering (Canada) **extrait l'hydrogène de l'eau et le combine au CO2 atmosphérique** pour synthétiser du biodiesel et du biokérosène, le processus étant alimenté par panneaux solaires. A Berkeley, Opus12 a mis au point le catalyseur d'une réaction de « combustion inversée » (réduction électrochimique du CO2) pour produire des biocarburants et des produits chimiques biosourcés. A long-terme, le défi ultime réside dans **la réplication exacte de la photosynthèse par un procédé photochimique**.

Thème n°2 : Technologies avancées pour le stockage d'énergie

Le stockage d'énergie à bas coût, longue durée, et facile à convertir en électricité, est le graal de la transition énergétique. Chercheurs et innovateurs travaillent d'arrache-pied pour développer des solutions de stockage adaptées aux différents usages : véhicules électriques (VE), équilibrage du réseau, micro-réseaux (*microgrids*), etc. Il existe cinq catégories principales de technologies de stockage : électrochimique, électrique, chimique, mécanique et thermique.

Stockage électrochimique (batteries)

La technologie lithium-ion (Li-ion) domine actuellement le marché des batteries, avec une capacité mondiale installée se chiffrant en centaines de GWh. Le secteur est dominé par des géants asiatiques comme CATL et LG, ainsi que Tesla. Cependant, les batteries Li-ion ont plusieurs défauts : un coût prohibitif pour le déploiement à grande échelle, une durée de vie limitée, une faible recyclabilité, et le recours à des métaux dont les méthodes d'extraction sont problématiques.

Une première **amélioration du Li-ion consiste à utiliser de meilleures électrodes.** Les batteries lithium-silicium de Sila (USA) remplacent le graphite utilisé habituellement dans l'anode, tandis que les batteries lithium-soufre d'Oxis Energy (UK) pourraient remplacer le cobalt et le manganèse dans la cathode. Une autre démarche consiste à substituer le lithium par son voisin dans le tableau périodique, le **sel de sodium**, à l'instar des batteries sodium-ion de Tiamat (France) et des batteries à eau salée d'Aquion (USA) et AquaBattery (Pays-Bas).

Les batteries à flux (*flow batteries*) stockent l'énergie dans deux réservoirs contenant des solutions aqueuses, l'une positive et l'autre négative. Malgré un fort potentiel pour un usage à grande échelle et une meilleure durée de vie, ce type de batterie pâtit d'un coût élevé. Pour y remédier, Form Energy (USA) développe

un nouveau modèle utilisant du soufre au lieu du lithium, avec l'objectif de produire une batterie à flux 10 fois moins chère qu'un équivalent Li-ion. Enfin, un autre pari de long terme est celui des **batteries solides** comme Solid Power (US), qui vise une meilleure densité énergétique en remplaçant les électrolytes liquides par du verre, des membranes céramiques et des polymères.

Stockage électrique (aimants et supercondensateurs)

Les systèmes électriques à base **de supercondensateurs** et **d'aimants supraconducteurs** offrent une alternative prometteuse aux batteries pour le stockage d'énergie. Reposant sur des propriétés physiques plutôt que sur des réactions chimiques, ces systèmes permettent une recharge et une décharge ultra-rapides, ont une durée de vie plus longue, et ne requièrent ni cobalt, ni lithium. Cependant, leur faible densité énergétique nécessite en général de les combiner avec des batteries Li-ion. Nawa Technologies (France, *spinoff* du CEA) et Skeleton Technologies (Estonie) figurent parmi les pionniers de ce segment.

Stockage chimique *(power to X)*

La conversion d'électricité en gaz ou *Power to Gas* (P2G) **relie le réseau électrique au** réseau gaz par la méthanisation et l'électrolyse de l'eau. L'énergie excédentaire est convertie en un gaz combustible comme l'hydrogène, le méthane et l'ammoniac, et certains systèmes peuvent atteindre une efficacité de conversion de 80 %. Parmi les acteurs notables du P2G, McPhy (France) stocke l'hydrogène sous forme solide, tandis que Carbon Recycling International (Islande) utilise le méthanol comme support de stockage, une variante appelée *Power-to-Liquid*.

Stockage mécanique (énergies potentielle et cinétique)

Les systèmes mécaniques **convertissent l'électricité en énergie cinétique et en énergie potentielle**, particulièrement adaptées pour équilibrer le réseau sur le long terme. Le pompage-turbinage (stockage d'eau en altitude) représente 95 % des capacités mondiales de stockage au niveau du réseau, mais son déploiement nécessite une géographie particulière et représente un coût environnemental substantiel. Une alternative proposée par Energy Vault (Suisse) consiste à **empiler des blocs de béton avec une grue** plutôt que de pomper l'eau. Quidnet (US) stocke **de l'eau sous pression dans des puits de pétrole abandonnés,** puis la libère pour actionner une turbine. Autre option : le stockage de l'énergie cinétique avec des **volants d'inertie**, à l'instar d'Energiestro (France) et de Teraloop (Finlande/Japon).

Stockage thermique (chaleur et froid)

L'énergie thermique peut être absorbée à partir de sources naturelles comme le soleil, récupérée depuis une source industrielle dégageant de la chaleur, ou produite à partir d'électricité via une pompe à chaleur. Elle peut ensuite être stockée dans la roche, un fluide, des sels fondus ou un matériau à changement de phase. Un système simple de **chauffe-eau et chauffage solaires** tels que Simply Solar (Allemagne) permet d'équilibrer l'offre et la demande entre jour et nuit au niveau résidentiel. En revanche, le stockage de longue durée à l'échelle du réseau requiert une **pompe à chaleur sophistiquée**, à l'instar Ecovat (Pays-Bas), Airthium (France) et Malta (USA). Ce dernier, qui stocke la chaleur dans du sel fondu et le froid dans un liquide réfrigéré, est un *spin-off* de X, filiale d'Alphabet, et a reçu un financement de Breakthrough Energy Ventures.

Thème n°3 : Plateformes technologiques pour les énergies renouvelables

Internet de l'énergie *(Smart Grid 2.0)*

Pour permettre aux énergies renouvelables de passer à l'échelle, le réseau électrique doit être modernisé. Il doit notamment **gérer la production centralisée et les ressources énergétiques distribuées** (RED), permettre des flux d'énergie bidirectionnels, et équilibrer l'offre et la demande en temps réel. L'internet des objets *(IoT)*, le *big data* et le *machine learning* jouent un rôle clé, avec des **plateformes *IoT* pour l'énergie** comme Kiwigrid (Allemagne), des outils de **gestion des RED** comme Advanced Microgrid Solutions (USA) et **l'analyse de données de réseaux** comme CosmoTech (France). Plus récemment, l'utilisation d'une *blockchain* pour **la revente d'énergie en pair-à-pair** a été testée par LO3 Energy (USA) à Brooklyn et PowerLedger (Australie).

La *FinTech* pour les énergies renouvelables

Il est impératif de déployer les énergies renouvelables rapidement et à grande échelle pour éviter le pire du changement climatique. Les projets d'infrastructures distribuées sont souvent difficile à financer, car ils ne sont adaptés ni au capital-risque, ni à la finance projet traditionnelle, habituée à des montants plus importants. Plusieurs acteurs *FinTech* comblent ce manque, à l'instar de Mosaic (USA) qui met en relation propriétaires, entrepreneurs et investisseurs pour déployer du solaire résidentiel. Lumo (France) est une plateforme de crowdfunding d'énergies renouvelables, récemment rachetée par la Société Générale.

Multiplier par deux le taux mondial d'amélioration de l'efficacité énergétique *[7.3]*

Selon l'AIE, l'efficacité énergétique est *« la seule ressource dont chaque pays dispose abondamment, le moyen le plus rapide et le moins coûteux de relever les défis énergétiques, environnementaux et économiques »*.

Bâtiments à haute efficacité énergétique

Les **solutions de bâtiments intelligents** comme Enlighted (Siemens) permettent d'optimiser la consommation en pilotant le chauffage, la climatisation, l'éclairage, ou les appareils connectés. Les **applications domotiques** comme Tado (Allemagne) offrent des fonctionnalités similaires en résidentiel. L'IA peut aider à identifier des leviers d'efficacité : en lui confiant la climatisation de ses *data centers*, Google a réalisé 40 % d'économies. A l'échelle urbaine, la **récupération d'énergie thermique** offre un levier intéressant : Open District Heating, le réseau de chauffage urbain de Stockholm Exergi, alimente ainsi 25 000 appartements avec la chaleur récupérée des *data centers* et bâtiments commerciaux.

Appareils à haute efficacité énergétique

L'amélioration des équipements énergivores tels que les luminaires, le chauffage et la climatisation est cruciale pour l'efficacité énergétique. Radiator Labs (USA) est un appareil qui redistribue la chaleur gaspillée par les radiateurs dans les vieux bâtiments. Lancey (France) a élaboré un radiateur électrique doté d'une batterie pour lisser la consommation. Qarnot Computing (France) a mis au point un « radiateur-ordinateur » où la chaleur est produite directement par un serveur informatique.

Photo: Tesla

Challenges

Impact environnemental des batteries Li-ion. Bien qu'elles dominent le marché du stockage énergétique, les batteries Lithium-ion (Li-ion) se recyclent difficilement. Deux raisons à cela : (i) la technologie pour séparer les cellules li-ion des autres matériaux n'est pas au point, et (ii) il n'existe aucune norme de conception, ce qui complexifie le recyclage. Ces obstacles sont préoccupants au vu de la courte durée de vie des batteries lithium-ion et du coût social de l'extraction du cobalt, un de leurs principaux composants (voir Chapitre 4).

Analyse du cycle de vie du photovoltaïque. L'empreinte écologique du solaire photovoltaïque est loin d'être irréprochable. La fabrication des panneaux nécessite des terres rares dont l'extraction est très polluante (voir Chapitre 4), et la fabrication elle-même est énergivore. Sachant que la plupart des panneaux sont fabriqués en Chine où le charbon représente 60 % du mix énergétique, l'empreinte carbone analysée sur le cycle de vie est beaucoup plus nuancée que les réductions de CO2 à l'utilisation.

Vers un accès universel à l'énergie ? En milieu rural, des centaines de millions de familles pauvres n'ont toujours pas accès à l'énergie. Le cabinet Hystra estime que pour combler cet écart, il sera nécessaire améliorer le service client des fournisseurs d'accès à l'énergie, et de solliciter l'intervention conjointe des grandes entreprises, gouvernements et fondations dans les régions où le marché seul n'est pas suffisant.

Objectif 8

TRAVAIL DÉCENT ET CROISSANCE ÉCONOMIQUE

Promouvoir une croissance économique soutenue, partagée et durable, le plein emploi productif et un travail décent pour tous.

192 MILLIONS
DE PERSONNES SONT SANS EMPLOI DANS LE MONDE

OIT : EMPLOI ET QUESTIONS SOCIALE DANS LE MONDE, 2018

1.4 MILLIARD
DE PERSONNES(42 % DES TRAVAILLEURS DANS LE MONDE) OCCUPENT DES EMPLOIS VULNÉRABLES

OIT : EMPLOI ET QUESTIONS SOCIALE DANS LE MONDE, 2018

800 MILLIONS
D'EMPLOIS POURRAIENT ÊTRE AUTOMATISÉS D'ICI 2030

MCKINSEY GLOBAL INSTITUTE, 2017

Il y aura de nouveaux emplois. La grande question est de savoir si **les travailleurs parviendront à se réinventer**

YUVAL NOAH HARARI,
AUTEUR DE SAPIENS ET HOMO DEUS

Photo: Fancycrave

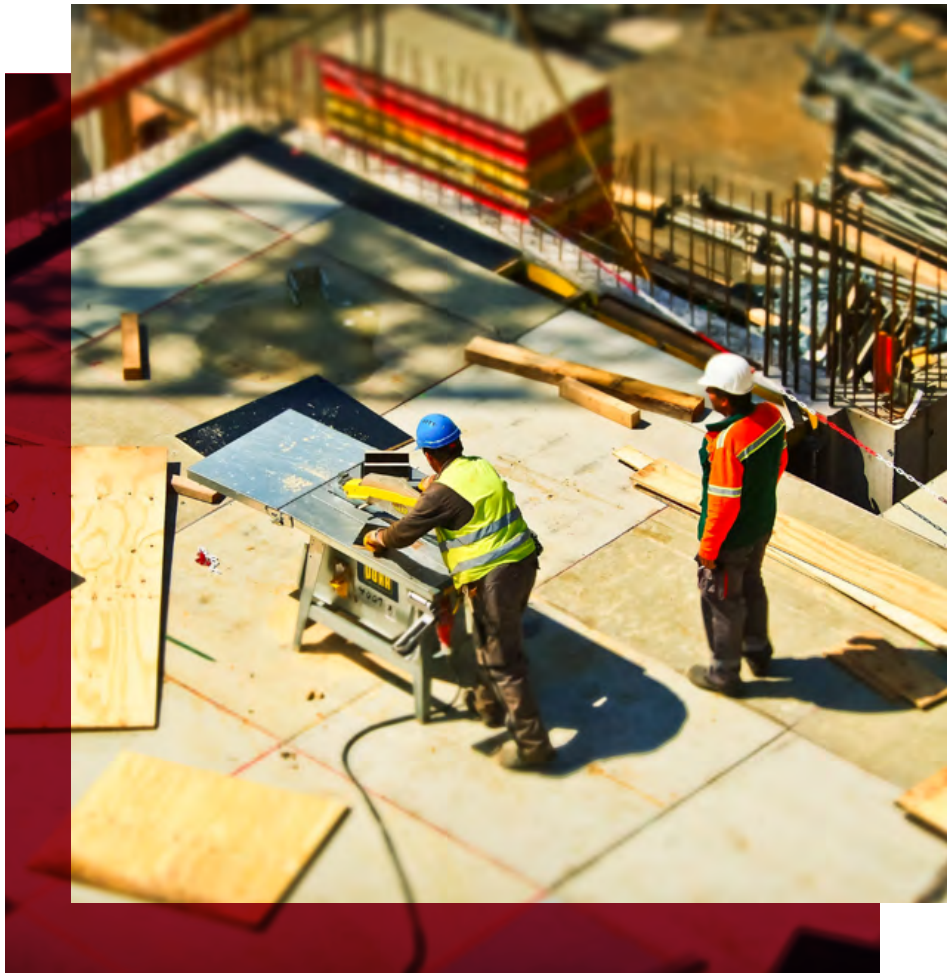


Photo: Pixabay

Impact Tech et ODD 8

Cet objectif vise à améliorer les conditions de travail et les opportunités économiques pour tous. Selon le rapport *Better Business, Better World*, les Objectifs de développement durable pourraient créer 380 millions d'emplois d'ici 2030. La Banque mondiale et l'Organisation internationale du travail (OIT) voient dans les énergies propres, la restauration des terres et l'économie circulaire les futurs bassins d'emploi. Mais les critiques pointent dans l'ODD 8 la primauté donnée à la croissance du PIB, alors que celle-ci ne garantit pas le progrès pour tous, et a jusqu'à présent été difficile à réconcilier avec la préservation des écosystèmes.

Les solutions ci-dessous traitent essentiellement des l'amélioration des conditions de travail — même si la technologie est un outil à double tranchant, comme décrit au Chapitre 4. Les sections relatives aux ODD 2, 6, 7, 11, 12, 13, 14 et 15, donnent davantage de pistes technologiques pour une économie plus durable.

Parvenir au plein emploi productif et garantir à tous un travail décent et un salaire égal pour un travail de valeur égale *[8.5]*

Beaucoup prédisent que l'automatisation éliminera la plupart des emplois dans les 20 prochaines années — bien qu'aucun consensus ne se dégage sur les chiffres. Village Capital écrivait en 2018 que l'IA *« jouera un rôle de plus en plus important dans la façon dont les organisations recherchent, recrutent, engagent et intègrent leurs employés »*.

L'IA au service de l'orientation professionnelle

Bayes Impact est une ONG française qui développe des **services publics citoyens** pour une société équitable et inclusive. Leur produit phare, Bob, est un conseiller basé sur une IA, qui **aide les demandeurs d'emploi à évaluer et améliorer leur employabilité.** Grâce à un partenariat avec le gouvernement, Bayes Impact a pu entraîner son algorithme initial sur une base de données anonymisées de Pôle Empoi.

Portail d'offres d'emploi inclusives

Ces plateformes sélectionnent des **offres adaptées** à certains segments de population et **aident les employeurs à atteindre leurs objectifs de diversité**. Kerjabilitas (Indonésie) facilite le recrutement des personnes en situation de handicap, et Harambee a aidé plus de 50 000 jeunes Sud-Africains à trouver leur premier emploi. Aux États-Unis, PowerToFly propose aux femmes des postes *tech* en télétravail, et Jopwell est sur le développement de carrières pour les noirs, latinos et natifs .

Logiciels de recrutement sans biais

Les plateformes de recrutement anonymisées aident les employeurs à **éliminer les biais inconscients** dans le processus d'embauche. Textio (USA) est un outil pour la rédaction d'offres dépourvues de langage subjectif. Interviewing.io (USA) permet aux candidats de passer des entretiens techniques anonymes auprès d'ingénieurs des meilleures entreprises technologiques. Blendoor (USA) aggrège des sources de profils pour constituer un vivier de talents diversifié que l'entreprise propose à ses clients, combiné à des outils d'évaluation anonymisée.

Plateformes de développement de compétences

Face à des métiers qui se transforment, les salariés et leurs employeurs ont un besoin constant d'évolution des compétences. Degreed (USA) est une **plateforme de formation continue** proposant une grande variété de contenus menant à des certifications. Verb (USA) combine le ***micro-learning*** avec du mentorat et une mise en pratique sur des projets à impact social. Pour les compétences opérationnelles, SpeachMe (France) offre une solution **de vidéo mobile** pour **partager les savoirs entre pairs**, tandis que UpSkill (USA) utilise la réalité augmentée pour transmettre les instructions directement en situation.

Photo: Rawpixel

« Aucun travail ne peut être entièrement automatisé, cela relève de la science-fiction. Mais la technologie va redéfinir de nombreux métiers, et les travailleurs devront sans cesse réapprendre à collaborer avec les machines. Si ce processus est rendu agréable et serein, y compris en garantissant une protection sociale adaptée, l'automatisation ne devrait pas poser autant de problèmes qu'on l'entend parfois. »

Audrey Tang,
Ministre du numérique de Taiwan

Photo: EksoVest

Supprimer le travail forcé, mettre fin à l'esclavage moderne et à la traite d'êtres humains, et éliminer le travail des enfants *[8.7]*

Technologies pour lutter contre l'esclavage

Il est difficile d'avoir une vision claire de la traite des êtres humains dans le monde, notamment en raison de sa définition juridique complexe et du **manque de données**. La technologie peut lever ce second obstacle : Associated Press et DigitalGlobe ont travaillé avec des **imagerie satellites** pour apporter des preuves visuelles de l'esclavage dans la pêche industrielle. Leur programme SeeFreedom a été utilisé par la Marine indonésienne pour identifier les bateaux et libérer les esclaves.

Défendre les droits des travailleurs, promouvoir la sécurité sur le lieu de travail et assurer la protection de tous les travailleurs *[8.8]*

Technologies pour le bien-être des travailleurs

Le travail en usine peut être pénible et entraîner des problèmes de santé irréversibles. Ekson Bionics (USA) a adapté ses **exosquelettes**, conçus initialement pour la rééducation et l'armée, pour soulager les **travailleurs dans l'industrie et le bâtiment**. Déjà en pilote chez Ford, l'EksoVest fournit une force supplémentaire pour manipuler des objets lourds.

Les **cobots** tels que Veobot et Universal Robots (USA) sont une autre tendance sur les chaînes de montage. Par rapport aux robots industriels classiques, les **cobots ne se substituent pas à l'homme : ils le complémentent.** L'objectif est d'améliorer la productivité tout en prévenant les blessures, avec des capteurs et mécanismes de sécurité.

Enfin, la fatigue et la somnolence peuvent mettre en danger la vie des conducteurs de camions et de machines lourdes. Développé par des universités et entreprises australiennes, le SmartCap **surveille la fatigue et alerte les travailleurs en temps réel**. Il permet également une intervention proactive en cas de besoin.

Assurance en ligne pour freelances

Dans de nombreuses régions, les travailleurs indépendants sont le segment professionnel le plus en croissance : ils pourraient représenter plus de 50 % de la population active aux États-Unis d'ici 2027 (contre 35% aujourd'hui). Bien qu'ils aspirent à une meilleure qualité de vie, les freelances sont confrontés à **l'anxiété et la précarité découlant de l'irrégularité des revenus et de la faible protection sociale.** WeMind (France) a développé une assurance en ligne pour indépendants, qui offre des avantages similaires à celle dont bénéficient les salariés.

Challenges

Le côté obscur de l'avenir du travail. L'impact du progrès technologique sur le travail est un sujet controversé depuis au moins la révolution industrielle. D'un côté, la technologie crée de nouveaux emplois et peut améliorer les conditions de travail dans certains métiers. De l'autre, elle automatise de nombreux emplois, introduit la surveillance sur le lieu de travail, ainsi que les biais algorithmiques. Enfin, dans certains secteurs elle précarise les travailleurs et érode leur protection sociale, notamment avec l'émergence des plateformes de livraison et de petits boulots. Nous explorons ces thèmes plus en détail au Chapitre 4.

Limites à la croissance. La cible 8.4 sur l'efficacité en ressources repose sur un pari : le fait qu'une « croissance verte » puisse apporter la prospérité pour tous dans les limites planétaires. Les chercheurs sont pessimistes sur le sujet, mettant en avant les **limites physiques à cette efficacité en ressources.** Certes, le Groupe international d'experts sur les ressources du PNUE estime dans ses *Perspectives des ressources mondiales 2019* qu'un **découplage absolu** consisterait à augmenter le bien-être humain tout en réduisant la dégradation environnementale liée à l'utilisation des ressources naturelles. Mais au de la croissance démographique et de l'émergence de la classe moyenne mondiale, il est peu probable que l'efficacité en ressources soit suffisante. Pour améliorer le bien-être au sein des limites planétaires, il faudra rien de moins qu'une révolution : une économie entièrement circulaire, une agriculture régénératrice, une réduction drastique des émissions de CO2, le déploiement des émissions négatves, des mesures strictes pour protéger la biodiversité, et une forme de sobriété.

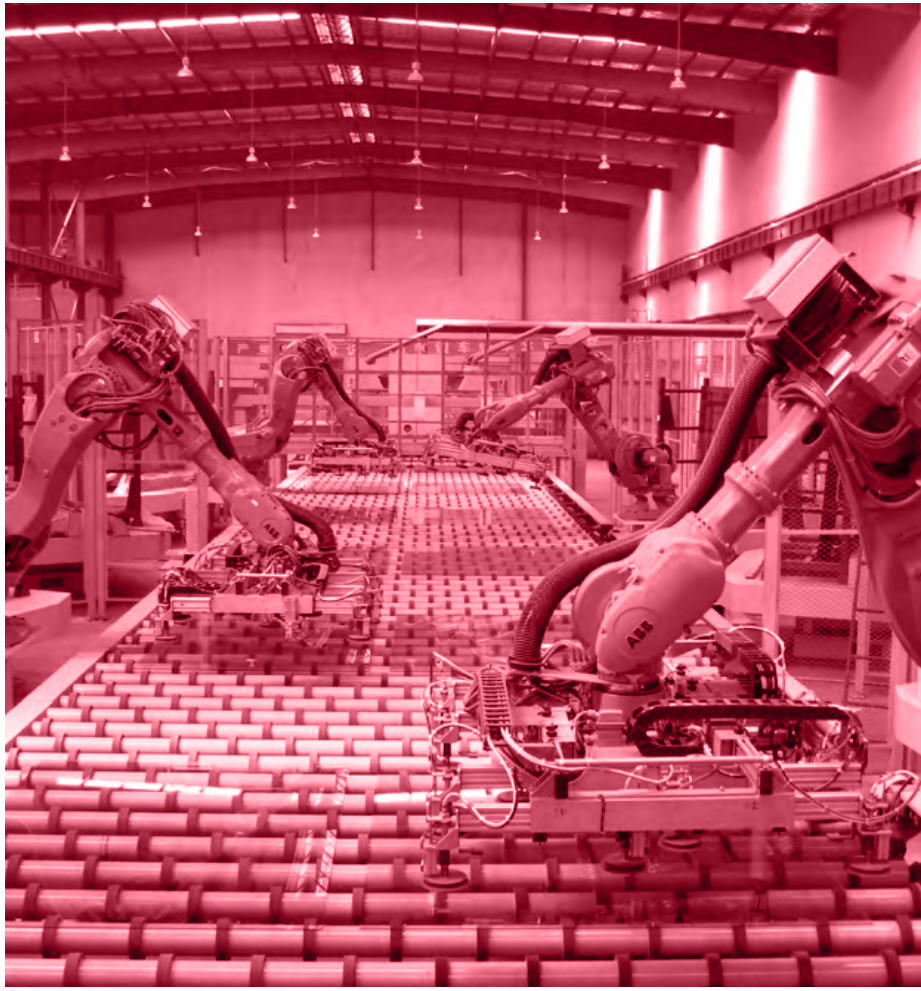


Photo: ICAPlants

Objectif 9

INDUSTRIE, INNOVATION ET INFRASTRUCTURES

Bâtir une infrastructure résiliente, promouvoir une industrialisation durable qui profite à tous et encourager l'innovation.

75%

DES INFRASTRUCTURES DE 2050 N'ONT PAS ENCORE ÉTÉ CONSTRUITES

UNEP AND GLOBAL INFRASTRUCTURE BASEL, 2016

49%

DE LA POPULATION N'A TOUJOURS PAS ACCÈS À INTERNET, MAJORITAIREMENT DES FEMMES DANS LES PAYS EN DÉVELOPPEMENT

UIT, ESTIMATIONS SUR LES TIC POUR L'ANNÉE, 2018

> Les changements actuels **sont si profonds que, dans l'histoire de l'humanité, jamais une période n'a été porteuse d'autant de promesses ni d'autant de dangers potentiels**

KLAUS SCHWAB, *PRÉSIDENT DU FORUM ÉCONOMIQUE MONDIAL (WEF)*

Photo: NASA

Photo: Zipline

Impact Tech et ODD 9

Mettre en place une infrastructure fiable, durable et résiliente pour le développement économique et le bien-être, avec un accès universel, abordable et équitable *[9.1]*

Livraison par drone de fournitures médicales

Alors que la livraison de colis par drones émerge à peine, le manque d'infrastructures historiques a fait du Rwanda le leader mondial de la logistique par drone. Le ministère de la santé a noué un partenariat avec Zipline (USA) qui **livre des poches de sang par drone** dans les zones rurales. L'entreprise couvre la majeure partie du pays et s'étend au Ghana pour assurer la livraison des médicaments essentiels. Le partenariat public-privé au Rwanda a servi de pilote pour une approche collaborative de la règlemenation des technologies émergentes, animée par le WEF. D'autres entreprises suivent la voie de Zipline, comme Wingcopter (Allemagne) qui opère en Tanzanie.

Logistique par dirigeable

Les dirigeables sont des ballons portés par un gaz plus léger que l'air (hélium) et naviguant à l'aide d'un système de propulsion. Un rapport commandé par DFID estime qu'un regain d'intérêt pour ce mode de transport permettrait **un *leapfrog* logistique dans les régions difficiles d'accès** — pour la livraison de biens, de marchandises, de matières premières, de machines et d'éoliennes pré-assemblées. Les dirigeables nécessitent peu d'infrastructures au sol et leur impact climatique est très inférieur aux transports aériens et routiers. Parmi les acteurs, citons Hybrid Air Vehicles (UK), Aeros (USA) et Flying Whales (France).

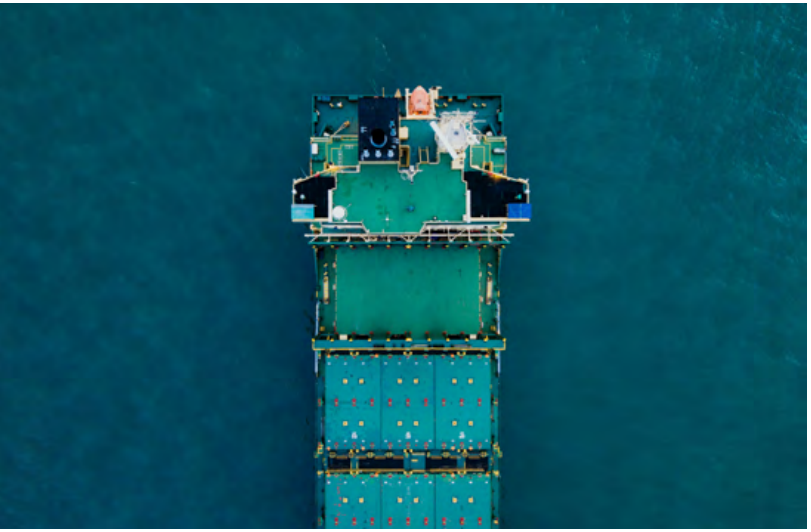


Photo: Chuttersnap

Transport maritime durable

Bien que la voie maritime soit le mode de transport de marchandises le plus propre par unité de tonnage (surtout en comparaison avec l'aérien), les porte-conteneurs sont extrêmements polluants de par leur taille et les volumes qu'ils acheminent. Certaines innovations permettent de réduire les émissions de soufre et de CO2 de ces navires. Zéphyr&Borée (France), Norsepower (Finlande) et Bound4Blue (Espagne) proposent des **voiles pour porte-conteneurs inspirées des ailes d'avion**.

Accroître l'accès des petites entreprises aux services financiers et aux marchés, en particulier dans les pays en développement *[9.3]*

Financement de PME par les données

Le Forum sur le financement des PME de l'IFC (Banque mondiale) estime que la moitié des PME des pays émergents (200 millions d'entreprises) ont des besoins en crédit non couverts, pour un total de 2100 milliards de dollars. L'étude recense 800 services *FinTech* dans 60 pays qui répondent à ce besoin avec des offres s'appuyant sur les données financières.

Certaines PME se financent par exemple via des **plateformes de prêts entre pairs** telles que Moldaku (Indonésie), CreditEase (Chine) et FundingCircle (UK). Elles peuvent aussi solliciter les nouveaux produits financiers proposés par les **géants du commerce et des paiements en ligne** : Alibaba, Tencent, PayPal et Amazon, qui s'appuient sur leur popularité auprès des consommateurs, leurs ressources en IA, et leurs partenariats avec des banques. KCB M-Pesa (Kenya), Avante (Brésil) et Tala (Mexique, Philippines, Tanzanie, Kenya) octroient des crédits aux PME sur la base d'une **notation alternative reposant sur les données mobiles**. Enfin, certains acteurs comme Kinara (Inde) et GO Finance (Tanzanie) analysent les **données de vente et de comptabilité des entreprises B2B** pour leur octroyer des crédits commerciaux.

Moderniser l'infrastructure et adapter les industries afin de les rendre durables, par une meilleure utilisation des ressources et un recours à des technologies et procédés propres *[9.4]*

L'industrie représente 21 % des émissions mondiales de gaz à effet de serre, ainsi que 20 % de la consommation d'eau douce en incluant la production d'énergie (ces ratios étant naturellement plus élevés dans les pays industrialisés). Par ailleurs, le secteur industriel génère d'énormes impacts environnementaux associés à l'extraction de ressources, la production de déchets et les pollutions. Certaines technologies pourraient ouvrir la voie vers une production plus durable, comme l'atteste un rapport du WEF de 2018. Parmi elles, citons les **outils de design et R&D**, les **procédés de production efficients**, la **gestion de la seconde vie**, les **nouveaux matériaux,** et la **traçabilité des chaînes logistiques.** Les paragraphes ci-dessous couvrent les trois premières catégories, et l'ensemble est abordé dans les ODD 11, 12, 13 et 14.

Recherche automatisée de nouveaux matériaux

La science des matériaux joue un rôle crucial dans la transition écologique des secteurs industriel et énergétique. Cependant, la recherche en matériaux requiert des **simulations informatiques complexes** afin de modéliser les molécules et leur propriétés physiques, et nécessite des **années de tests en laboratoire.** Plusieurs entreprises visent à automatiser ce processus pour que les scientifiques se concentrent sur les tâches à forte valeur ajoutée. Exabyte (USA) propose un service de *cloud computing* et une plateforme collaborative pour les chercheurs en matériaux. Kebotix (USA) développe un « laboratoire autonome » modulaire reposant sur les mégadonnées, l'IA, la robotique et la génomique des matériaux. Enfin, MIT Tech Review estime que **l'informatique quantique** aura un impact important dans l'industrie chimique et la recherche en matériaux.

Plateformes logicielles pour la biofabrication

Le terme de biofabrication désigne les méthodes de **conception et de production utilisant des processus biologiques**. Au croisement entre biologie de synthèse et science des matériaux, ce secteur émergent s'appuie sur les propriétés des organismes tels que bactéries, cellules, levures, algues ou mycélium pour fabriquer toute une gamme de produits durables. La section sur l'ODD 12 présente plusieurs exemples de des produits, et le paragraphe ci-dessous donne un aperçu des outils numériques de cette révolution industrielle.

De nombreux outils facilitent et accélèrent le développement d'organismes par le génie génétique et la biologie de synthèse *(synbio)*. On peut dresser une analogie entre les outils de la *« synbio stack »* et la façon dont s'est organisée la chaîne de valeur du logiciel. À la base de l'écosystème, Twist **synthétise de l'ADN et de l'ARN à l'a demande.** Au-dessus, les outils de « CAO biologique » comme Asimov et TeselaGen offrent un équivalent d'AutoCAD pour le génie génétique. Au sommet de cette pile (*stack*), Ginkgo Bioworks designe et fabrique à la demande des **organismes conçus sur mesure**. Enfin, citons la licence OpenMTA (*Material Transfer Agreement*), un équivalent des licences *open source* pour la biologie, développé par la BioBricks Foundation.

Fabrication additive (impression 3D)

Ressources optimisées, fabrication locale, allongement de la durée de vie des produits via la production de pièces détachées : nombreux voient la fabrication additive comme un levier de durabilité. Des chercheurs de l'Université de Cambridge ont identifié quatre avantages : **le *redesign* des produits et processus**, l'**origine des matériaux**, la **production à la demande** (*made-to-order),* et le **recyclage en circuit fermé.**

Premièrement, **la fabrication additive peut exploiter des formes complexes** comme les réseaux de mailles poreuses et les mousses cellulaires, utilisant moins de matière ; GE est ainsi parvenu à réduire de 25 % le poids de ses tuyères de moteurs. Deuxièmement, il est possible d'employer des **matériaux produits à partir de déchets recyclés ou via une transformation plus légère des matières premières**, comme la poudre minérale. Troisièmement, **la production à la demande** permet d'optimiser la gestion des stocks, de développer la fabrication de pièces de rechange et de permettre les *business models* de l'économie de la fonctionnalité. Enfin quatrièmement, **la re-fabrication et l'amélioration du recyclage** peuvent réorienter les flux de déchets vers la fabrication de nouvelles matières pour l'impression 3D, à l'instar du Filabot, un filament en plastique recyclé, ou de l'mprimante Ekocycle de 3D Systems.

Néanmoins, ces évolutions sont encore trop récentes pour en tirer des conclusions définitives. Dans un hors-série de 2017, le Yale Journal of Industrial Ecology résume : *« il est nécessaire d'étudier précisément l'empreinte environnementale de ces matériaux, la consommation énergétique des procédés, et les différentes étapes de production ».* Un rapport de l'OCDE sur la Prochaine révolution de la production propose trois approches pour optimiser la durabilité de la fabrication additive : (i) utiliser des biomatériaux compostables, (ii) réduire la consommation énergétique par des procédés chimiques plutôt que par la fusion des matériaux, et (iii) utiliser des imprimantes partagées.

Usines circulaires et flexibles

La **conception des usines** contribue à réduire l'empreinte environnementale de l'industrie, notamment par la réutilisation de l'eau (voir ODD 6) et la récupération de chaleur. Financée par PRIME Coalition, Redwave Energy (USA) développe des nano-antennes permettant d'exploiter la chaleur résiduelle de faible qualité (en dessous de 250°C), qui est la plus abondante.

Une idée encore plus radicale consiste à décentraliser la production via un réseau de **micro-usines automatisées** afin de raccourcir le transport. Ce concept s'appuie sur la robotique industrielle, la fabrication *made-to-order* et une part plus importante de matériaux produits localement. Les travaux de R&D sur cette *« Smart Flexible Factory »* ont été proposés par des groupes de travail Iindustrie 4.0 et par la Fondation Fab City, *spinoff* du réseau FabLab dédié à la fabrication en ville. La Speedfactory d'Adidas, qui propose des baskets personnalisées par ville, donne un aperçu de ce vers quoi ces travaux pourraient mener.

Re-fabrication avancée

Le recyclage en circuit court permet de maximiser la circularité des flux de matières au sein d'un secteur ou d'une entreprise, afin de re-fabriquer les produits plus facilement. Les technologies mises en jeu incluent la **logistique inversée**, le désassemblage robotique et le **tri automatique des composants et matériaux** par tri optique ou reconnaissance d'image. Le robot Daisy d'Apple peut aujourd'hui démonter neuf modèles d'iPhone différents, à une cadence de 200 par heure. Les pièces sont alors soit reconditionnées pour fabriquer de nouveaux produits, soit recyclées en de nouveaux composants.

« Le désassemblage actif (Active Disassembly) pourrait améliorer la fin de vie en utilisant des matériaux intelligents pour fixer les pièces. Mais il faut que les gouvernements imposent ce genre de mesure. La Chine va probablement prendre de l'avance, car ils prennent à la fois l'industrie et la transition énergétique très au sérieux. »

Duncan Turner,
Partner chez SOSV et Directeur de HAX

Accroître l'accès aux TIC et apporter un accès à Internet abordable pour les habitants des pays les moins développés *[9.C]*

Selon l'UIT, la moitié de la population mondiale a accès à Internet, ce seuil symbolique ayant été atteint en 2018. De fait, les 3,7 milliards d'individus restants restent privés des « dividendes du numérique », les bénéfices octroyés par l'accès numérique. La connexion à Internet de la seconde moitié de l'humanité nécessitera de nouvelles approches pour couvrir les zones difficiles d'accès et réduire les coûts de façon drastique. L'*Alliance For Affordable Internet* (A4AI) estime que 2,3 milliards de personnes vivent dans des zones où 1 Go de données est trop cher.

Alors que les investissements des opérateurs télécom dans les infrastructures ont ralenti, l'accès universel à Internet suscite l'intérêt des startups, des géants de la *tech*, des marques et des agences de développement comme USAID, DFID et GIZ.

Innovations radicales pour le réseau intermédiaire (*backhaul*)

Les réseaux de télécommunications sont constitués de trois couches principales : le *backbone* (cœur de réseau) relie les pays et les régions, le *backhaul* (réseau intermédiaire) traverse les pays, et le *last-mile* (réseau du dernier kilomètre) connecte l'utilisateur final au réseau. **Dans les régions rurales et reculées des pays en développement, le réseau intermédiaire est souvent inexistant** : les régions à faible revenu et faible densité de population sont peu attractives pour les opérateurs, et le coût des infrastructures est trop élevé pour les gouvernements. Plusieurs acteurs visent à combler ce vide avec des satellites ou des plateformes à haute altitude évoluant dans la stratosphère.

Un des premiers *« moonshots »* excubés de X (ex-Google X), Loon utilise des **ballons à hélium et alimentés à l'énergie solaire,** lévitant à 20 km au-dessus du sol. Le signal est émis depuis la terre, relayé à travers le réseau de ballons et retransmis aux utilisateurs des régions reculées, permettant aux opérateurs d'étendre leur couverture. Facebook avait des ambitions similaires avec les drones Aquila mais a le projet a été arrêté en 2018 en faveur d'un nouveau projet de satellites.

Avec Softbank, Virgin, Airbus et Qualcomm parmi ses investisseurs, Oneweb veut placer 600 **satellites en orbite terrestre basse** (OTB, à 1200 km d'altitude) pour diffuser un Internet haut débit dans les régions reculées. SpaceX, Facebook, et Amazon ont fait part d'intentions similaires. A contre-courant, Astranis (US) reste fidèle à **l'orbite géosynchrone** (GSO, 34 000 km d'altitude) traditionnellement utilisée pour les télécommunications. La startup a conçu un **microsatellite** dix fois moins cher que l'existant, et l'orbite GSO devrait lui permettre de couvrir la Terre entière avec quelques unités au lieu de plusieurs centaines.

Innovations du « dernier kilomètre »

Dans les zones rurales où le réseau intermédiaire existe, les **extensions de réseau permettent de connecter les populations éloignées**, comme Airjaldi (Inde) et Mawingu (Kenya). Mis au point par Microsoft Research, ce dernier apporte le signal via ***TV White Space***, une technologie reposant sur les fréquences radio non utilisées par la télévision (les espaces blancs), avec une portée supérieure au Wi-Fi. Les abonnés paient 0,5 $ par jour pour 300 Mo ou 10 $ par trimestre pour 8 Go, pour utiliser les points d'accès Wi-Fi et stations de recharge. Autre approche : **donner aux communautés locales les moyens d'exploiter leur propre réseau**, comme la coopérative Rhizomatica au Mexique.

Dans les zones urbaines raccordées au réseau mais où le coût des abonnements reste élevé, certains proposent un **accès sponsorisé** à un Wi-Fi public, comme Wi-Fi BRCK/Moja à Nairobi et Google Station en Inde, Indonésie, Mexique, Thaïlande, Nigeria et aux Philippines. Facebook propose également Free Basics, un service mobile gratuit permettant d'accéder à ses applications et à quelques autres services — mais l'initiative a fait l'objet de vives critiques car elle est contraire à la **neutralité du Net** et tend à promouvoir du contenu occidental.

Photo: Loon

Challenges

Prévenir l'aggravation des inégalités mondiales. L'ONUDI estime que *« les inégalités de développement entre pays industrialisés, économies émergentes et pays en développement pourraient s'aggraver si les pays du Sud ne tirent pas profit des avantages du numérique »*. Dans un rapport intitulé *Readiness for the Future of Production*, le WEF alerte *« l'avenir de la production industrielle pourrait glisser vers un monde à deux vitesses »*. La solution ne pourra venir uniquement du transfert de technologies mais aussi du développement des capacités. Comme le résume Fai Wechayachai de ANDE (Aspen Network of Development Entrepreneurs) *« les entrepreneurs locaux manquent souvent d'accès aux capitaux, aux talents et aux marchés »*.

Connecter les derniers milliards d'individus. Alors que la moitié de l'humanité est désormais en ligne, l'accès universel à Internet n'est pas encore pour demain. L'Alliance for Affordable Internet soulignait en 2018 que *« les avancées politiques sont beaucoup trop lentes et incrémentales pour que le changement s'en ressente »*, en particulier au niveau des infrastructures. Sans investissement adéquat, les pays concernés resteront prisonniers d'un « Internet de consommateurs » qui perpétue la fracture numérique. Une étude de SSG financée par USAID et fhi360 note que l'accès du « dernier kilomètre » progresse peu en raison *« d'un manque de financements d'amorçage, d'opportunités de partenariat limitées, et de réglementations floues ou restrictives »*. L'innovation sur le service et les *business models* est indispensable.

Objectif 10

INÉGALITÉS RÉDUITES

Réduire les inégalités dans les pays et d'un pays à l'autre.

10 INÉGALITÉS RÉDUITES

82%
DE LA RICHESSE MONDIALE CRÉÉE EN 2017 A PROFITÉ AUX
1%
LES PLUS RICHES

RAPPORT D'OXFAM SUR LES INÉGALITÉS, 2018

68M
DE PERSONNES DÉRACINÉES À TRAVERS DANS LE MONDE, SOIT L'ÉQUIVALENT DE LA POPULATION FRANÇAISE

UN HCR, 2018

> Les inégalités ne sont pas une nécessité économique : **elles sont un défaut de conception du système**
>
> ***KATE RAWORTH,*** *ÉCONOMISTE AUX UNIVERSITÉS D'OXFORD ET DE CAMBRIDGE, AUTEUR DE DOUGHNUT ECONOMICS*

Photo: Lindrik

Photo: Millejoh

Impact Tech et ODD 10

La réduction des inégalités est un problème non seulement complexe, mais aussi éminemment politique. Si historiquement, les mouvements sociaux et les politiques inclusives ont permis des progrès dans ce domaine, certains outils numériques peuvent apporter une contribution non négligeable. Outre les exemples ci-dessous, nous vous invitons à consulter les DD 11, 16, et le Chapitre 4.2

Faire en sorte que les revenus des 40 % les plus pauvres augmentent plus rapidement que le revenu moyen *[10.1]*

Selon Oxfam, 26 personnes détenaient en 2018 autant de richesses que les 3,8 milliards composant la moitié la plus pauvre de l'humanité. Si le présent rapport fait la part belle aux solutions améliorant l'accès aux services de base (énergie, eau, alimentation, mobilité, éducation, santé, finance), l'Impact Tech peut aussi apporter des pistes face aux enjeux structurels de la propriété et de l'égalité des chances.

Propriété partagée

Dans la plupart des régions du monde, l'enrichessement découle surtout des gains en capitaux plutôt que de la rémunération. Ainsi, une évolution des modèles de gestion de la propriété pourrait apporter une réponse systémique aux inégalités économiques.

Une approche consiste à **démocratiser l'actionnariat des entreprises**. Carta et Upstock (USA) offrent aux fondateurs de startups, aux entreprises publiques et aux investisseurs des outils pour gérer la structure du capital (*cap table*), la valorisation et les plans d'actionnariat salarié. L'objectif est de distribuer plus largement et équitablement les actions au sein des équipes. Les **plateformes coopératives** proposent quant à elles de transformer les plateformes en coopératives d'utilisateurs et de salariés, à l'instar de Cotabo (Italie), une alternative à Uber, et de Fairmondo (Allemagne), e-commerçant éthique.

La notion de **communs numériques** fait référence au fait d'utiliser, modifier, et repartager des contenus et des outils numériques publiés par d'autres utilisateurs et communautés. Ils englobent les logiciels libres et *open source* comme Linux et Firefox, l'*open hardware* à l'instar de l'écho-stéthoscope echOpen (voir ODD 3), mais aussi les données sous licence *open data*, les publications scientifiques en *open access*, ou les contenus sous licence Creative Commons.

A plus long-terme, certains projets visent à utiliser une *blockchain* pour la gestion d'**organisations décentralisées**, tels qu'Aragon, DAOStack, et Colony. Citons aussi Ocean Protocol pour l'échange de données.

Inclusion numérique

Dans les régions où Internet est accessible, la **fracture numérique se manifeste autrement**. Beaucoup ne sont pas en mesure de tirer parti des possibilités du numérique en raison d'un **déficit de compétences**. Plusieurs initiatives publiques et associatives développent des programmes **de formation et d'acculturation au numérique** pour les populations rurales et périurbaines. Dans les villages et petites villes de Pologne, la FRSI transforme les bibliothèques municipales en centres de formation aux outils numériques. En France, l'Agence du Numérique soutient les tiers-lieux (espaces de *coworking*, cafés, bibliothèques) proposant des services d'inclusion numérique.

Autonomiser toutes les personnes et favoriser leur intégration sociale, économique et politique, indépendamment de leur âge, sexe, handicap, origine, religion, ou tout autre statut *[10.2]*

Technologies d'assistance

Selon la Banque mondiale, un milliard de personnes (15 % de la population mondiale) sont porteuses d'un handicap, dont 110 à 190 millions subissent un handicap grave. Les technologies d'assistance peuvent favoriser leur inclusion sociale, via des **fauteuils roulants amélorés** comme Whill (Japon), des **prothèses sur mesure** (voir ODD 3) et des outils pour **compenser les handicaps sensoriels**.

Dans ce dernier domaine, Orcam (Israël) est un appareil portatif utilisant une IA pour permettre aux aveugles et malvoyants de lire des textes, identifier des visages et des objets. BeMyEyes (Danemark) est une application d'appel vidéo mettant en relation les malvoyants avec des bénévoles qui leur fournissent une

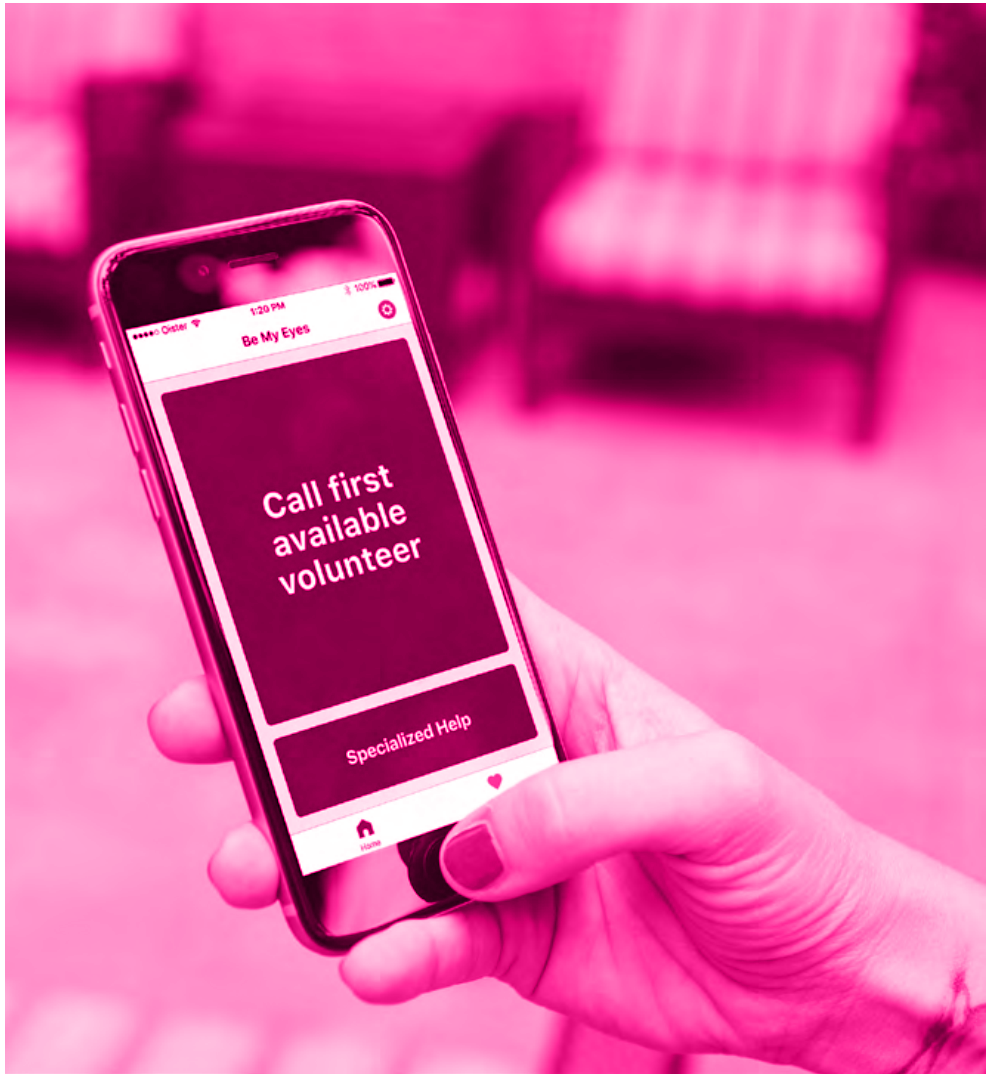


Photo: Be My Eyes

assistance visuelle. Blitab (Autriche) a développé une tablette braille qui génère du texte et des visuels tactiles en temps réel. Pour les sourds et malentendants, Ava et RogerVoice (France) sous-titrent en temps réel les conversations téléphoniques et les échanges en groupe. HandTalk (Brésil) utilise Hugo, un assistant virtuel traduisant de contenus en ligne en langue des signes brésilienne.

Faciliter la migration et la mobilité de façon ordonnée, sans danger, régulière et responsable *[10.7]*

Technologies de soutien aux réfugiés

Selon le HCR, **une personne est déplacée de force toutes les deux secondes en raison d'un conflit ou de persécutions**. Techfugees a identifié **cinq besoins principaux de ces populations**, auxquels le numérique peut répondre une fois installés dans leur pays d'accueil.

L**'accès à l'information** est primordial, notamment pour la connaissance de leurs droits. En Allemagne, Integreat est la plus importante application destinée aux nouveaux arrivants, auxquels elle procure de l'information locale depuis 2015. Pour reconnecter les familles séparées, Refunite (USA) a créé la plus grande base de données de disparus.

L'éducation est cruciale, un migrant sur deux étant âgé de moins de 18 ans. Antura and the Letters est un jeu mobile aidant les jeunes Syriens à apprendre l'alphabet arabe. La **certification des diplômes et des compétences** est un autre besoin essentiel.

Plusieurs plateformes visent à **aider les déracinés à trouver un emploi dans leur pays d'accueil.** Refugee Talent (Australie) met les réfugiés en relation avec des employeurs locaux, tandis que NaTakallam (USA) leur apporte des opportunités de travail à distance comme traducteur ou professeur de langues. TaQadam (USA) est une application ludique permettant aux jeunes migrants de gagner un peu d'argent en annotant des images pour entraîner des intelligence artificielles.

L'accès aux soins et au suivi médical, en particulier en matière de santé mentale, est un besoin essentiel pour des personnes qui ont tout quitté pour fuir les conflits et les persécutions. ALMHAR (Allemagne) est une application aidant les réfugiés à faire face aux troubles de stress post-traumatique, tandis que Shifra (Australie) fournit aux femmes des iinformations de santé sexuelle et reproductive dans leur langue.

Le cinquième et dernier défi est de faciliter l'inclusion sociale des migrants dans leur pays d'accueil. Les agences de l'ONU Global Pulse et HCR analysent les réseaux sociaux pour suivre la perception locale des migrants. Vainqueur de la compétition Techfugees, Refugees Are est un site web développé par une réfugiée qui compile les sources d'information pour analyser le traitement médiatique des demandeurs d'asile.

« Les réfugiés préfèrent éviter de partager leurs informations personnelles en utilisant des services numériques. Ils ont fui les persécutions et ne veulent donc pas être localisés ni retrouvés. Un projet tech qui ne mettrait pas leur vie privée au premier plan est donc problématique. »

Joséphine Goube,
CEO de Techfugees

Réduire à moins de 3 % les frais associés aux envois de fonds des migrants, et éliminer les couloirs de transfert de fonds dont les coûts sont supérieurs à 5 % *[10.C]*

Envois de fonds décentralisés

La ***blockchain*** peut améliorer les transferts de fonds effectués par les migrants en **réduisant les frais de transaction,** et en **rendant ces opérations mieux accessibles** pour les personnes ne possédant ni compte bancaire, ni pièce d'identité valide. Certaines agences de l'ONU travaillent sur ce sujet, à l'instar du PNUD et son projet AltFinLab, ou du Programme alimentaire mondial (PAM). Ce dernier a développé Building Blocks, un système de transfert de coupons alimentaires pour les camps de réfugiés, en pilote en Jordanie et au Pakistan. En outre, plusieurs startups misent sur les crypto-monnaies pour des envois de fonds à bas coût, telles que Celo (USA) et d'autres présentées dans l'ODD 1.

Challenges

Technologie, finance et inégalités. Abordée en détails au Chapitre 4, une question reste en suspens: le progrès technologique tend-il à réduire ou à renforcer les inégalités ? Même dans l'Impact Tech, les retours sur investissements profiteront sans doute à une population déjà privilégiée, car le grand public y participe peu. Dans le capital-risque, la majorité des gains se concentre d'ailleurs sur une minorité de fonds. Selon Rodney Foxworth, Directeur du réseau américain BALLE, l'*impact investing* pourrait devenir *« un énième exemple dans lequel la recherche du profit résulte en une aggravation involontaire des inégalités »*. Dans son livre *Winners Take All*, Anand Giridharadas va plus loin et critique sévèrement les efforts de l'élite mondiale pour *« créer un monde meilleur »*. Selon lui, il s'agit essentiellement d'un affichage qui maintient le statu quo et évite de remettre en question la responsabilité des riches dans les problèmes qu'ils prétendent chercher à résoudre.

***Open source*, coopératives ou décentralisation ?** Les militants de la sphère numérique évoquent souvent ces trois stratégies pour réduire les inégalités associées aux technologies. Toutefois, aucune ne s'est montrée suffisamment efficace pour atténuer l'emprise des géants de la *tech* sur l'économie mondiale. Certes, l'*open source* permet à chacun de bénéficier d'une valeur d'usage, mais la valeur économique reste bien concentrée par une poignée d'acteurs. Les plateformes coopératives pourraient mieux répartir les richesses, mais ces structures tendent à manquer d'effacité, et donc d'attrait pour les entrepreneurs. Enfin, si en théorie les protocoles de consensus permis par la *blockchain* pourraient répartir le pouvoir de façon plus juste, en pratique les crypto-monnaies ont accentué la concentration des richesses. Peut-être faut-il laisser plus de temps à ces nouvelles approches pour qu'elles portent leurs fruits. Ou peut-être faut-il concentrer l'essentiel des efforts sur la justice fiscale — notamment une meilleure coopération internationale contre l'évasion fiscale et pour la juste distribution des dividendes du numérique.

Za'atri refugee camp in Jordan

Objectif 11

VILLES ET COMMUNAUTÉS DURABLES

Faire en sorte que les villes et les établissements humains soient ouverts à tous, sûrs, résilients et durables.

68%
DE LA POPULATION MONDIALE VIVRA EN ZONE URBAINE EN 2050, CONTRE 55 % AUJOURD'HUI

ONU-DAES, PERSPECTIVES D'URBANISATION DANS LE MONDE 2018

LES VILLES SONT RESPONSABLES DE
70% DES ÉMISSIONS DE CARBONE,
60% DE LA CONSOMMATION ÉNERGÉTIQUE,
70% DE LA PRODUCTION DE DÉCHETS,
ET PLUS DE
80% DU PIB MONDIAL

ONU-HABITAT, NOUVEAU PROGRAMME POUR LES VILLES, 2016
BANQUE MONDIALE, VUE D'ENSEMBLE DU DÉVELOPPEMENT URBAIN, 2018

PLUS DE 80%
DES VILLES DÉPASSENT LES NORMES DE L'OMS SUR LA POLLUTION ATMOSPHÉRIQUE — QUI TUE 7 MILLIONS DE PERSONNES PAR AN

OMS 2018 - CAMPAGNE BREATHE2030

> Les villes ont la capacité **de fournir quelque chose à chacun**, seulement car, et seulement quand, elles sont **créées par tous**

***JANE JACOBS,** AUTEUR, ACTIVISTE ET PHILOSOPHE EN URBANISME*

Photo: Viktor Kern

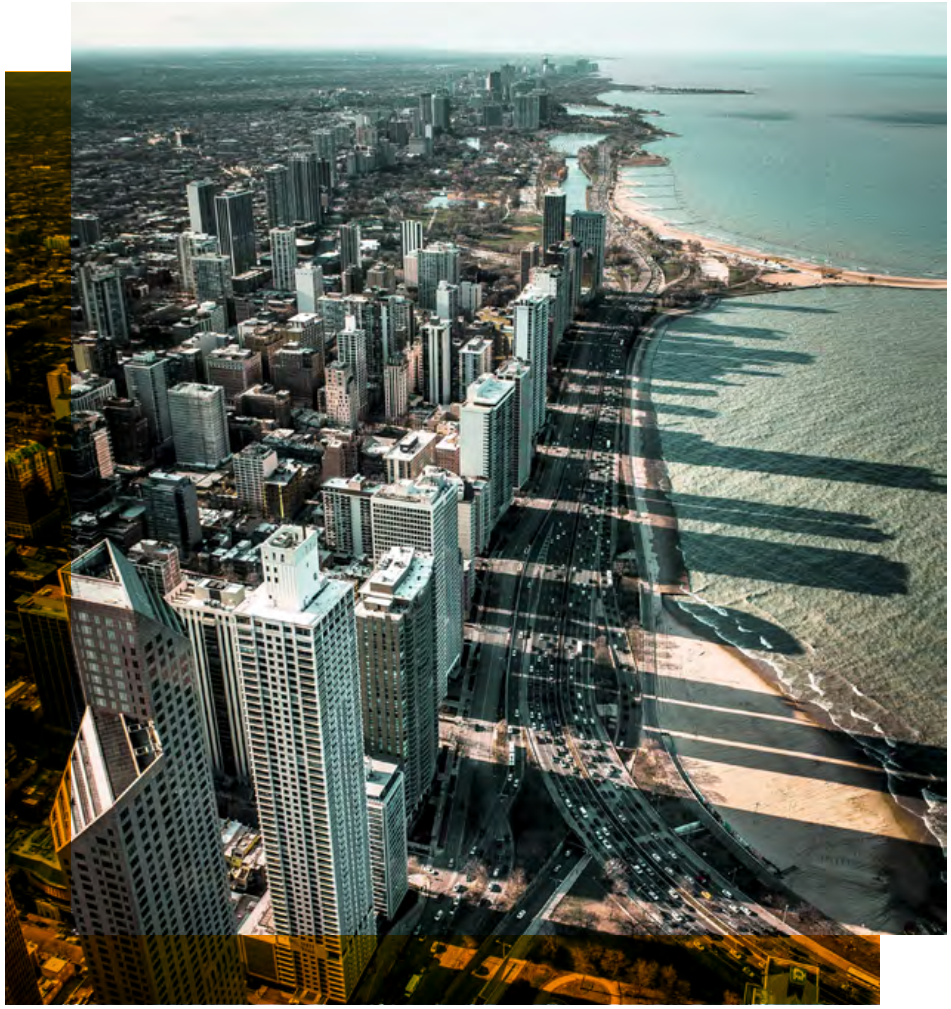


Photo: Alex Powell

Impact Tech et ODD 11

Les villes doivent offrir un espace sûr et vivable à une population urbaine forte augmentation, tout en réduisant considérablement leur empreinte écologique. La population des zones urbaines augmentera de 2,5 milliards d'ici 2050, dont 90 % en Asie et en Afrique.

Un monde sépare les villes prospères des pays riches et les villes à croissance rapide des pays du Sud, notamment les bidonvilles. Comme le résume un récent rapport publié par Arm et l'UNICEF : *« la manière dont l'urbanisation façonne le monde déterminera la prospérité ou la misère d'individus, de communautés, de villes et de régions entières. Il est impératif que le développement urbain soit durable et équitable. »*

Les pages qui suivent illustrent des réponses technologiques à de nombreux enjeux urbains, certains pour les pays en développement, d'autres pour les économies plus avancées. La ville étant par essence un sujet transverse, les questions urbaines sont traitées en filigrane dans la plupart des sections relatives aux autres ODD.

Assurer l'accès de tous à un logement et des services de base adéquats, sûrs, et abordables *[11.1]*

La crise du logement est un défi majeur à travers dans le monde, mais les problèmes d'infrastructure, de services de base et de sécurité publique sont plus prononcés dans les régions les plus pauvres. Si les politiques d'urbanisme demeurent le principal levier, la technologie peut en apporter de nouveaux.

Construction rapide de logements

Plusieurs innovations permettent une construction rapide et moins chère de logements. Wikihouse (UK) est une **plateforme de construction *open source*** permettant de designer et fabriquer une maison à ossature bois sur mesure. Icon (US) a mis au point une **imprimante 3D g**éante qui fabrique une maison en moins d'une journée, pour 4 000 $. La startup

travaille avec l'ONG NewStory (voir ODD 1) pour reloger rapidement les victimes de catastrophes naturelles. Enfin, les **modules préfabriqués** pour maison écologique comme Noem (Espagne) et Popup House (France) connaissent un succès croissant. Finch (Pays-Bas) utilise des modules empilables pour des bâtiments à plusieurs étages.

Compteurs d'eau intelligents

Dans les zones urbaines les plus pauvres, l'accès à un service d'eau potable fait souvent défaut, causant des maladies hydriques et précarisant la vie des femmes et des filles chargées de la collecte. Les services publics locaux font, de plus, face à de nombreux défis : réserves en eau insuffisantes, coûts élevés du raccordement, paiements irréguliers des usagers, fuites, vols, etc. Plusieurs startups proposent de contourner certains de ces obstacles avec des **capteurs de détection de fuites** et des **compteurs intelligents avec paiement à l'usage** *(pay-as-you-go)*, tels que NextDrop (Inde), Upande (Kenya) et CityTaps (France/Niger).

Plateformes d'intervention d'urgence

Les premières minutes sont cruciales pour sauver une vie. Cependant, les embouteillages et les infrastructures défaillantes ralentissent les premiers secours dans les zones urbaines denses et défavorisées. Repéré par UNICEF Innovation, Flare (Kenya) connecte les habitants en situation d'urgence avec l'ambulance disponible la plus proche. L'application sélectionne un véhicule en fonction de la distance, du trafic et des soins disponibles à bord, assurant une assistance en 15 minutes. En Israël, United Hatzalah intervient en 3 minutes grâce aux scooters « *ambucycle* » et à sa communauté de 5 000 volontaires.

Des bidonvilles aux micro-villes

Bidonville, favela, *shantytown* sont quelques-uns des noms donnés aux habitats informels. Bien qu'ils diffèrent en taille et caractéristiques, les bidonvilles sont des quartiers pauvres aux conditions de vie précaires : forte densité de population, bâtiments de fortune, occupation sans garantie, infrastructure et services dégradés (eau, assainissement, énergie, transports, connectivité, propreté, santé, éducation).

Les promoteurs de la « *smart city* » et ses solutions numériques se sont jusqu'à présent peu intéressés aux bidonvilles. Mais les choses pourraient évoluer : l'agence Utopia travaille avec Jakarta, Mumbai et Oulan-Bator pour **transformer les bidonvilles en micro-villes** écologiques et agréables. L'entreprise prévoit d'utiliser des bâtiments modulaires alimentés à l'énergie solaire, organisés autour d'espaces collectifs, ainsi que des services de base numérisés. Par ailleurs, l'UNICEF a lancé un appel à solutions pour améliorer la vie des jeunes dans les zones en voie d'urbanisation rapide, autour de cinq thèmes : infrastructures, services de base, violence et dangers, connectivité, transport.

« Les bidonvilles ne devraient pas être vus comme un problème, mais comme une opportunité pour inventer les micro-villes du futur. Les bidonvilles sont décentralisés et ont une grande capacité de résilience : deux caractéristiques attendues des villes aujourd'huii. »

Jonathan Hursh,
Fondateur et Directeur d'Utopia

Plateformes pour habitat partagé

Les *marketplaces* pour colocation inter-générationnelle comme Nesterly (USA) apportent une réponse à la crise du logement auprès des étudiants et jeunes actif, tout en luttant contre la solitude. A l'inverse, CetteFamille (France) est une plateforme centrée sur l'accueil familial, une alternative aux maisons de retraite pour personnes âgées.

Assurer l'accès à des systèmes de transport sûrs, accessibles, et viables, à un coût abordable *[11.2]*

Les villes sont confrontées à un double défi de mobilité : moderniser les infrastructures face à l'urbanisation, tout en réduisant les impacts environnementaux des transports. Alors que les véhicules à essence et diesel sont parmi les principaux émetteurs de CO2 et de pollution atmosphérique, l'AIE prévoit le double de voitures en circulation d'ici 2050. Dans le même temps, l'électrification, la numérisation et les nouveaux véhicules redéfinissent le paysage de la mobilité.

Véhicules électriques (VE)

Le marché des VE est dominé par des acteurs comme Tesla (USA) et BYD (Chine), ainsi que par les Nissan Leaf, Chevrolet Bolt, Renault ZE, et BMW i3. Ces véhicules sont des **VE à batterie (VEB)**, dont le potentiel de long-terme dépendra des progrès apportés aux batteries (voir ODD 7) et de la disponibilité d'une électricité décarbonée et abordable.

Les **VE hybrides** incluent les **véhicules hybrides rechargeables (VHR)**, qui allient un moteur à combustion et une propulsion électrique, ainsi que les **véhicules électriques avec pile à combustible (VEPC)** alimentés par la réaction entre hydrogène liquide et oxygène, produisant l'électricité nécessaire. Toyota et Hyundai ont investi énormément dans les VEPC, mais les coûts prodigieux (véhicules, bornes de recharge, production d'hydrogène) font entrave à leur développement. Le coût kilométrique serait en effet quatre fois supérieur à celui des VEB. Néanmoins, des percées technologiques sont possibles (voir ODD 7).

Les **bus électriques offrent des bénéfices immédiats** vu leur taille, notamment en termes de qualité de l'air**.** En Chine, 9500 bus électriques (équivalent à la flotte Londonienne) sont déployés toutes les 5 semaines, dont beaucoup par BYD. Dans les pays du Sud, les **motos électriques** offrent une alternative aux deux roues à essence, à l'instar d'Ampersand (Rwanda) en Afrique de l'Est, qui permet aux motocyclistes de faire d'importantes économies, tout en réduisant les émissions et la pollution. L'entreprise propose ses motos à la vente ou en location, ainsi que l'échange de batteries dans leur stations.

Photo: Olli / Local Motors

L'AIE prévoit 125 millions de VE sur les routes 2030, une estimation conservatrice au vu de leur sous-évaluation constante de l'adoption des des énergies renouvelables.

Véhicules Autonomes (VA)

Les véhicules autonomes utilisent des capteurs et une navigation intelligente pour remplacer la conduite humaine, allant du niveau 1 (conduite assistée) au niveau 5 (pas de volant). Les avantages escomptés sont la réduction des accidents, la diminution du trafic, un meilleur accès à la mobilité, du temps libre pour les passagers et une évolution des transports. L'OCDE estime que les VA réduiraient de 90 % la mortalité routière et le nombre de voitures en villes.

Les VA sont davantage une plateforme technologique plutôt qu'une application Impact Tech (voir Chapitre 2.3). Leur impact positif net dépendra de facteurs comme le degré d'intégration aux transports publics, l'électrification, et la gestion des risques (voir « challenges »). Comme le résume Mark Watts, Directeur du C40 : *« Les véhicules autonomes ne sont pas une solution miracle pour réduire les émissions ou le trafic. Cependant, avec des politiques et des réglementations appropriées, ils peuvent faire partie de la solution. »*

CB Insights cite **trois types de technologies de VA : la perception, la localisation et les systèmes complets.** Toutes s'appuient sur le *machine learning* appliqué aux données de circulation.

Les technologies de perception permettent aux VA de détecter leur environnement, au moyen de caméras *(computer visio*n) comme Prophesee (France), de la télédetection laser (*lidar*) comme RoboSense (Chine), de radars comme Lunewave (USA), et de communication avec les véhicules et appareils connectés. Cognata (Israël) et Nvidia utilisent des données de simulation pour entraîner les IA de navigation. Les **technologies de localisation** comme Here (Pays-Bas) et DeepMap (USA) utilisent des cartes HD offrant davantage de précision sur la position exacte des véhicules.

Les systèmes VA complets incluent les solutions d'autonomie clé en main comme Momenta (Chine), Waymo (Alphabet) et Apollo (Baidu), qui équipent les constructeurs et gestionnaires de flottes. Citons également les constructeurs de navettes autonomes et électriques comme Navya (France) et Olli (USA), une solution prometteuse pour compléter l'offre de transports en commun lorsqu'elles seront autorisées en ville.

Vélos, trottinettes et scooters

Selon l'*Institute for Transport and Developement Policy* (ITDP), une croissance rapide du vélo (classique ou électrique) engendrerait 25 000 milliards d'économies entre 2015 et 2050, et une baisse de 10% des émissions de CO2 des transports. De nombreuses startups proposent des ***e-bikes*** pensés pour la ville, comme MATE (Danemark), Faraday (USA) et Cowboy (Belgique). Les **trottinettes électriques *(e-scooters)*** sont produites par les géants chinois Xiaomi et Ninebot. SnikkyBike (Canada) est un hybride entre les deux. Gogoro (Taiwan) fabrique des **scooters électriques** à batterie échangeable**.** Notons que le partage de véhicules occupe un rôle central dans l'adoption de ces engins (voir MaaS).

Mobilité servicielle (MaaS : *Mobility as a Service*)

La notion de MaaS fait référence à un éventail de solutions de mobilité répondant aux différents besoins de déplacement, s'appuyant sur le numérique et les véhicules innovants.

Avec le déclin de la voiture individuelle en ville, **les services de mobilité ont le vent en poupe.** Les géants Uber, Didi, Ola, Grab, Taxify, Lyft et Cabify dominent le marché mondial du VTC, avec les controverses que l'on connaît. De nouveaux acteurs font leur apparition en Afrique, comme SafeMotos pour les **moto-taxis.** Dans le domaine de **l'autopartage** citons Zipcar (USA), Drivy (France) et ShareNow, joint-venture BMW-Daimler issue de la fusion de DriveNow et Car2go. Le covoiturage de courte distance commence à décoller, avec BlaBlaLines lancé par BlaBlaCar (France) en complément de son offre longue distance.

Les services de vélos et trottinettes **en libre service** incluent les services municipaux comme l'emblématique Vélib de Paris, et les systèmes en flotte libre comme le chinois Mobike (vélos), l'américain Jump, l'indien Mobycy et le mexicano-brésilien Grow (vélos, trottinettes électriques) ou le français Cityscoot (scooters électriques). Des analyses de cycle de vie ont démontré cependant que les trottinettes électriques en libre service avaient un impact climatique néfaste, notamment en raison de leur durée de vie ridiculement courte.

Le graal du MaaS est d'intégrer ces options aux transports publics dans une application gérant le déplacement de bout en bout. CityMapper (UK) agrège les trajets effectués en métro, bus, tram, à pied, à vélo, en voiture et en VTC, et y a récemment ajouté sa propre flotte de navettes, dont elle optimise les itinéraires avec les données. Whim (Finlande) facture un abonnement mensuel donnant droit aux transports publics illimités ainsi qu'à une réduction sur les vélos en libre-service, le covoiturage et les taxis. Citons enfin Free2Move, filiale de PSA qui agrège les voitures, vélos et scooters mis en partage par plusieurs services.

Le cabinet RethinkX prévoit que la MaaS (ou TaaS) sera le modèle dominant des années 2020 et que le nombre de véhicules individuels va s'effondrer. Selon leurs calculs, la convergence entre VE, VA, et VTC aboutira à un coût de revient au kilomètre deux à dix fois inférieur à la possession d'un véhicule individuel.

« L'arrivée imminente du véhicule autonome est une invitation à tout repenser — nos villes, notre dépendance aux énergies fossiles, et le contrat social avec les conducteurs. »

Robin Chase,
Co-Foundatrice de of Zipcar, Veniam, and NUMO (issu de WIRED)

Taxis volants et flottants

Après la route, le rail et le métro, des véhicules d'un genre nouveau pourraient venir peupler le ciel et les voies d'eau. SeaBubbles (France) est un **bateau-taxi hydroptère** électrique, en test à Genève et Paris. Le Roboat (Pays-Bas) est un **véhicule flottant autonome** conçu par le MIT et l'AMS Institute.

Les **taxis volants autonomes** pourraient devenir une réalité avec les avions électriques à décollage et atterrissage verticaux (eVTOL) développés par Lilium (Allemagne) et par les géants de l'aéronautique Airbus, Boeing et Embraer. Lilium annonce qu'un vol coûtera moins cher qu'un trajet en taxi, et souhaite apporter une solutions aux embouteillages, à la pollution atmosphérique et la crise du logement, en permettant aux utilisateurs d'habiter plus loin de leur lieu de travail.

Systèmes de transport intelligent

Les capteurs, l'analyse de données et le *machine learning* peuvent jouer un rôle dans l'optimisation des flux de mobilité. Swiftly (USA) aide par exemple les collectivités à utiliser les données produites en temps réel par les **transports publics**, pour améliorer la qualité de service. Visant les villes du Sud, WhereIsMyTransport (Afrique du Sud) s'appuie sur les données mobiles des utilisateurs pour cartographier les **réseaux de transport informels**, qui sont ensuite combinés avec les transports publics pour calculer des itinéraires de bout en bout.

Pour le **trafic routier,** Waze for Cities exploite les données générées par la célèbre application afin d'aider les villes à suivre l'état des routes, à rediriger les automobilistes pour prévenir les embouteillages, et à éclairer les décisions relatives aux infrastructures. Brisk Synergies (Canada) utilise la vision par ordinateur et le *machine learning* pour analyser le trafic routier et prévenir les accidents. Coord (USA) et Mapillary (Suède) aident les villes à mettre à jour leurs plans d'urbanisme avec l'aide des photos envoyées par les citadins sur leurs rues.

Singapour a été le premier pays à expérimenter le péage électronique (*Electronic Road Pricing*) qui facture les automobilistes en fonction de leur usage des routes, et permet de réduire les embouteillages en heure de pointe. Clear Road (USA) utilise une technologie similaire.

Renforcer l'urbanisation inclusive et durable pour tous et les capacités de planification et de gestion participatives *[11.3]*

Plateformes d'urbanisme participatif

L'implication des citadins dans l'amélioration de leur quartier est l'un des domaines où la *civic tech* (voir ODD 16) suscite le plus d'adoption. Les **plateformes de signalement** comme FixMyStreet (UK), Colab.re (Brésil) et DansMaRue (France) permettent par exemple aux résidents d'alerter sur la présence de nids de poule et d'autres problèmes.

Les plateformes de participation citoyenne locale permettent d'impliquer les habitants par le biais de sondages, de boîtes à idées en ligne, et du budget participatif. Plusieurs villes comme Barcelone et Paris utilisent ces outils depuis plusieurs années, et Barcelone en a même partagé le code sur Github. D'autres acteurs comme CitizenLab (Belgique) et Fluicity (France) offrent ces fonctionnalités *as a service*. Citons enfin le crowdfunding civique, à l'instar de Spacehive (UK) et Neighborly (USA) où les citadins co-financent des projets urbains et immobiliers.

Réduire l'impact environnemental négatif des villes par habitant, en particulier la pollution de l'air et les déchets *[11.6]*

Les villes sont responsables de 70 % des déchets, 70 % des émissions de GES, et plus de 60 % de la consommation énergétique, tandis que 80 % d'entre elles dépassent les directives de l'OMS sur la qualité de l'air. Ces défis environnementaux appellent une double action : réduire au plus vite l'impact sanitaire de la pollution, et investir sans tarder dans les réponses

structurelles aux enjeux climatiques et de ressources. Il est fondamental d'améliorer le métabolisme urbain par une utilisation efficace et circulaire des matériaux, des aliments, de l'énergie et de l'eau. Les sections sur les ODD 2, 6, 7, 9, 12 et 13 proposent des solutions dans ce sens.

Outils de suivi de la qualité de l'air

Avec 7 millions de morts chaque année *« la pollution de l'air est le nouveau tabac »*, selon le directeur de l'OMS. Si les indices de qualité de l'air fournissent depuis longtemps une vision à l'échelle municipale, de nouveaux acteurs ont recours à des **réseaux de capteurs distribués** pour apporter une vision plus granulaire, comme AirVisual (Chine), PlumeLabs (France), Aclima (USA) et Oizom (Inde). En outre, des collectifs citoyens développent leurs propres capteurs à base d'outils *open source* comme Airbeam et SmartCitizen.

Purificateurs d'air

Les particules émises par les véhicules à essence et diesel, les fumées industrielles et la combustion des énergies fossiles sont les principales sources de pollution atmosphérique en ville. Traiter les causes racines du problème nécessite d'investir dans les énergies propres (ODD 7), la mobilité zéro émission (ci-dessus) et l'industrie durable (ODD 9, 12).

Parmi les leviers pour réduire les impacts à court-terme, Terrao (France) a mis au point un échangeur thermique air/eau pour recycler l'énergie thermique, capable de filtrer les particules en suspension et autres polluants atmosphériques en intérieur. Ces derniers sont ensuite acheminés directement vers les stations d'épurations.

Autre approche, les **filtres et « aspirateurs de pollution »** permettant de purifier l'air ambiant**.** City Tree (Allemagne) installe du mobilier urbain filtrant la pollution avec un mur de mousse. Testé en Chine et en Pologne, la Smog Free Tower (Pays-Bas) filtre 30 000 m³ d'air par heure et recycle le CO2 capturé en bijoux. Graviky Labs (Inde) développe un nouveau dispositif de capture après avoir lancé Air-Ink, une encre fabriquée à partir de polluants recyclés. Enfin, les masques actifs comme R-Pur (France) protègent les poumons des motocyclistes.

Smog-Free Tower. Photo: Studio Roosegaarde

Plateformes de collecte des déchets

Dans les pays en développement et nouvellement industrialisés, les régions en voie d'urbanisation rapide manquent d'infrastructures adaptées pour traiter l'explosion du volume de déchets. Faute de collecte sélective, beaucoup de matières recyclables finissent en décharge. Pour palier à cela, des plateformes numériques **mettent en relation les citoyens et entreprises avec les collecteurs informels**, à l'instar de I Got Garbage (Inde), New Hope EcoTech (Brésil) et Baidu Recycle (Chine), une application développée par le géant chinois en partenariat avec le PNUD pour mieux recycler les déchets électroniques.

Technologies de recyclage avancé

Bien qu'arrivant en bout de chaîne de l'économie circulaire, le recyclage doit s'améliorer : élargissement des filières, standardisation des pratiques, mais aussi une amélioration des procédés pour maximiser la pureté des matières. Les innovations concernent la collecte, le tri et le retraitement.

Les **technologies de tri automatisé** combinent la robotique, la reconnaissance d'images pour différencier les objets, et l'analyse optique par spectrométrie pour déterminer la composition des matériaux, à l'instar de ZenRobotics (Finlande), AmpRobotics (USA) et Fibersort (Belgique). Une autre approche consiste à utiliser des **marqueurs produits** tels que des codes barres, encres fluorescentes, capteurs RFID ou encore des biomarqueurs invisibles, comme Applied DNA Sciences (USA).

Les **procédés de retraitement** varient selon le type de produit, mais on compte deux grandes catégories. **Le recyclage** mécanique préserve les la valeur des matériaux en les nettoyant et en les séparant. Ces procédés séparent par exemple les métaux dans les produits électroniques, les différentes fibres textiles, ou les différents polymères présents dans les plastiques, à l'instar de Quality Circular Polymers (Pays-Bas).

Le **recyclage chimique** permet de retraiter les matériaux complexes ou dégradés pour produire de nouvelles matières. Infinited Fiber (Finlande) et re:newcell (Suède) transforment le coton et la viscose en de nouvelles fibres cellulosiques, Worn Again (UK) recycle les polymères des bouteilles PET et des vêtements (coton, polyester) pour fabriquer de nouveaux textiles, tandis que Carbios (France) et Ioniqa (Pays-Bas) dégradent les polymères en monomères pour recycler les plastiques récalcitrants.

Gestion circulaire des ressources organiques

Les villes doivent non seulement prévenir le gaspillage alimentaire en amont (voir ODD 12), mais aussi la mise en décharge ou l'incinération des déchets compostables en aval. Fermer la boucle des ressources organiques permet de récupérer des nutriments et autres sous-produits valorisables sous forme d'engrais pour l'agriculture périurbaine, en bioénergie, et d'autres produits.

Au niveau municipal, Loveyourwaste (France) convertit les déchets de restauration collective en biogaz et en compost, par méthanisation. Industrial/Organic (USA) utilise un procédé en plusieurs étapes appelé fermentation anaérobique (FA), qui transforme les déchets alimentaires en énergie, en eau et en sous-produits permettant de produire des engrais, parfums et produits de nettoyage. Le procédé est moins coûteux que la méthanisation, plus rapide et ne produit pas de méthane odorant, en faisant une solution adaptée pour des micro-sites de traitement disséminés en milieu urbain. Pour les gros volumes, Suez a lancé Organix, une *marketplace* mettant en lien les producteurs de biodéchets aux centrales à biomasse. Enfin, Ostara et Lystek (Canada) prélèvent les nutriments dans les stations d'épuration (ODD 6).

Au niveau résidentiel, la collecte des déchets organiques fait toujours défaut dans de nombreuses agglomérations. Whirlpool a créé Zera, un appareil électroménager utilisant un additif biosourcé qui dégrade les restes alimentaires en 24 heures et les transforme en engrais. Toutefois, une analyse de cycle de vie est nécessaire pour évaluer le bilan environnemental de cette version *high-tech* du compostage.

Fermes urbaines

L'agriculture urbaine peut contribuer à la diversification et à la résilience de la production alimentaire, et générer des co-bénéfices sociaux et environnementaux — sous certaines conditions. On distingue deux catégories : les fermes verticales hors-sol et les cultures en pleine terre.

Photo: Chris Barbalis

Les fermes verticales hors-sol utilisent des cultures hydroponiques, aquaponiques ou aéroponiques installées dans des équipements superposés ou des surfaces verticales. Ces fermes consomment jusqu'à 20 fois moins d'eau que l'agriculture conventionnelle, et peu ou pas de pesticides. Aerofarms (USA), Plenty (USA), Infarm (Allemagne), Growing Underground (UK) et Agricool (France) sont quelques-uns des nombreux acteurs positionnés sur le créneau des fermes *indoor*, installées dans des entrepôts ou des conteneurs et utilisant une lumière artificielle. Plus surprenant, les géants *high-tech* japonais Toshiba, Sharp, Fujitsu et Panasonic ont transformé leurs anciennes usines de semiconducteurs pour y expérimenter ce métier d'un genre nouveau. Une alternative consiste à installer des fermes verticales en serre pour profiter de la lumière naturelle : sur les toits comme BIGH (Belgique) et Lufa (Québec), ou en périphérie urbaine comme Bright Farms (USA).

Les cultures en pleine terre incluent les fermes classiques, les jardins partagés et les serres en pleine terre. Bien que leur rendement soit plus limité, elles offrent plusieurs co-bénéfices : végétalisation, sensibilisation des populations sur l'alimentation, absorption du carbone et de la pollution atmosphérique, atténuation des effets d'îlot de chaleur urbain, et une meilleure rétention des eaux réduisant les risques d'inondations. Farmbot (USA) et Romi (projet financé par l'UE) développent des outils robotiques pour ce type de culture.

Il est peu probable que l'agriculture urbaine parvienne à nourrir des villes à la population croissante. La Fondation Ellen MacArthur estime dans un rapport que même avec des fermes verticales à haut rendement, *« au maximum un tiers (en poids) de l'alimentation nécessaire aux citadins pourrait être cultivée en ville. »* De plus, trois obstacles s'ajoutent à ce plafond théorique : le manque de mètres carrés disponibles en ville, la faible diversité des espèces cultivables en intérieur (salades, herbes aromatiques, fraises) et les impacts environnementaux négatifs des fermes *indoor* — notamment leur énorme consommation énergétique. Ces impacts pourraient être limités avec des énergies renouvelables, ainsi que des flux circulaires d'eau et de nutriments.

Éclairage public écoénergétique

Dans des paux comme l'Inde et les Philippines, l'éclairage public peut représenter jusqu'à 10 % du budget municipal dans une grande ville et même 20 % dans une petite ville (65 % de la consommation en énergie), selon la Banque mondiale. Les **luminaires LED** sont 40 à 60% plus économes en énergie et ont une durée de vie quatre fois plus longue, mais nécessitent un 'investissement initial plus élevé.

Sunna Design (France) produit des **modules LED solaires** pour réverbères, adaptés aux zones urbaines des pays en développement où le raccordement au réseau électrique est difficile. Les modules peuvent être contrôlés à distance et alimenter d'autres dispositifs tels que des bornes Wi-Fi, des capteurs environnementaux et de mesure du trafic. Tvilight (Pays-Bas) propose une solutions d'éclairage intelligent, dont l'intensité évolue en temps réel en fonction de la lumière du jour et de la présence de véhicules ou de piétons.

Data Science pour l'urbanisme durable

Les données urbaines hyperlocales fournissent des informations granulaires aux urbanistes et aux municipalités. Aclima (USA) utilise des capteurs mobiles (embarqués en voiture) et une plateforme logicielle pour cartographier la pollution atmosphérique et les émissions de GES à l'échelle du quartier. Avec Environmental Insights Explorer, Google combine ses données propriétaires issues de Maps, Waze et Project Sunroof avec des données publiques, comme celles de la NASA. L'outil permet à des villes comme Pittsburgh, Melbourne et Buenos Aires de consitutuer leur référentiel d'émissions pour leurs plans climat.

Les outils de gestion de données urbaines comme Stae et Urbint (USA) permettent aux villes de rapprocher des données hétérogènes : transports, occupation des sols, démographie, etc. Ces plateformes offrent aux urbanistes et aux exploitants un moyen de déceler des informations stratégiques auparavant dissimulées dans des données éparses. D'autres acteurs comme UrbanFootprint (USA) visent à mieux évaluer les impacts sociétaux des plans d'urbanisme, en termes d'émissions, d'accessibilité, de mobilité, de consommation d'eau et d'énergie, de biodiversité, ou de résilience urbaine. La plateforme met à disposition des jeux de données

Photo: Safira Moreira / Olabi

dérivés du cadastre, des outils d'aménagement urbain, et d'autres fonctions interactives pour élaborer des scénarios et visualiser les données. Azavea (US) offre des fonctionnalités similaires pour la participation citoyenne et les questions sociales.

Enfin, **les simulations avancées** peuvent anticiper les retombées des projets d'urbanisme, en faisant un pont entre théorie et expérience. Sorte de « SimCity » en version réaliste, ce type d'outil pourrait aider à prédire les effets néfastes sur la mobilité, les émissions, ou le prix du foncier. Parmi les principaux exemples : le logiciel libre UrbanSim (US), le jeu Participatory Chinatown et les générateurs de population synthétiques Onhys (France) et Replica (US). Développé par Sidewalk Labs, filiale d'Alphabet, ce dernier génère des profils de déplacements à partir de données mobiles anonymisées. Ces profils sont ensuite combinés avec des données démographiques pour générer une population virtuelle statistiquement représentative. Le système associe un profil à chaque citadin virtuel afin de simuler une semaine entière de déplacements.

Photo: Abderrahim Chaouni

Challenges

Les citoyens contre la *smart city*. Au tournant des années 2000, le concept de *smart city* avait le vent en poupe : le numérique devait apporter le progrès aux villes et leur permettre d'optimiser leurs ressources. Cette idée est aujourd'hui critiquée car souvent perçue comme *top-down* (descendante) et technocentrée, donc peu en lien avec les besoins des habitants. Le projet de quartier futuriste sur les quais de Toronto élaboré par Sidewalk Labs, filiale d'Alphabet (société mère de Google) a fait récemment l'objet d'une vive controverse. Cette utopie technologique serait remplie de bâtiments à énergie positive, de navettes autonomes et autres tunnels pour robots en charge des livraisons et de la collecte des ordures. Mais l'entreprise s'est heurtée à une opposition locale en raison d'une faible implication des citoyens et du flou concernant la gestion de la propriété intellectuelle et celle des données. A l'opposé du spectre, Barcelone s'est positionnée comme le laboratoire de la ville intelligente au service des citoyens.

La fracture technologique urbaine. Comme le résument UNICEF et ARM : *« Les bénéfices de l'innovation technologique et de l'urbanisation ne profitent pas encore à tous ceux qui en ont le plus besoin (...) Les populations vulnérables, notamment les enfants, ont le plus à gagner des nouvelles technologies (...) mais celles-ci exigent une connectivité constante, et ne sont ni conçues pour ni avec ces populations. »*

La « disruption » des nouvelles mobilités. L'émergence rapide et non planifiée de nouveaux modes de transports urbains peut générer des effets de bord indésirables — tels que l'impact des VTC sur les transports publics et la protection des travailleurs, ou l'envahissement de l'espace urbain par les vélos et trottinettes en libre-service. Le véhicule autonome (VA) est un cas d'école : pour que celui-ci tienne ses promesses de révolution positive, les villes devront agir proactivement, estime l'entrepreneuse Robin Chase. Premièrement, les VA devront être en flotte partagée et à propulsion électrique. Deuxièmement, les conducteurs de taxi et de camions devront bénéficier d'une protection sociale et d'un soutien à la reconversion professionnelle. Troisièmement, les pouvoirs publics devront repenser la fiscalité de la mobilité, afin de compenser les pertes sur les frais stationnement et taxes sur les carburants.

Le recyclage automatisé comporte des limites en l'absence d'un tri rigoureux à la source des déchets. Par exemple, le compost produit par le *traitement mécano-biologique (TBM)* ne répond pas aux exigences de qualité en raison des polluants qu'il contient.

Objectif 12

CONSOMMATION ET PRODUCTION RESPONSABLES

Assurer des modes de consommation et de production durables.

12 CONSOMMATION ET PRODUCTION RESPONSABLES

44.7M

DE TONNES DE DÉCHETS ÉLECTRONIQUES EN 2016

GLOBAL E-WASTE MONITOR 2017

1.7 PLANÈTES

SONT NÉCESSAIRES POUR RÉPONDRE À LA DEMANDE QU'EXERCE L'HUMANITÉ SUR LES ÉCOSYSTÈMES

GLOBAL FOOTPRINT NETWORK / JOUR DU DÉPASSEMENT PLANÉTAIRE

> Si nous parvenons à créer une économie basée **le renouvellement des ressources plutôt que sur leur épuisement**, nous pourrons bâtir un avenir

ELLEN MACARTHUR, *NAVIGATRICE ET AMBASSADRICE DE L'ÉCONOMIE CIRCULAIRE*

Photo: Paweł Czerwiński

Photo: Rocks Lab

Impact Tech et ODD 12

Gérer durablement et utiliser efficacement les ressources naturelles *[12.2]* Réduire considérablement le déversement de produits chimiques et de déchets dans l'air, l'eau et le sol *[12.4]*

Même une économie circulaire exemplaire ne parviendra pas à éliminer le recours aux matériaux vierges. Il est possible de répondre à ce besoin de manière plus écologique : soit en utilisant des matières biosourcées ou dérivées de gaz à effet de serre (GES) capturés, soit en s'appuyant sur certains matériaux de pointe.

Matériaux et produits chimiques biosourcés

Les produits biosourcés sont issus, entièrement ou pour partie, de la valorisation non alimentaire de la biomasse (organismes vivants). Ils incluent les matériaux conventionnels comme le bois, ainsi que des matériaux conçus pour remplacer les ressources non renouvelables.

Divers processus physiques et chimiques permettent de séparer la biomasse en composés organiques tels que l'amidon, la cellulose, les protéines et la lignine**,** qui seront transformés en matériaux**.** Evoware (Indonésie) et Skipping Rock Labs (UK) utilisent par exemple des algues pour fabriquer des couverts et emballages comestibles, tel que Ooho, un sachet comestible pour contenir les boissons et condiments. L'entreprise commercialise une machine qui permet à ses clients de produire 100 sachets en quelques minutes.

Coco Pallet (Pays-Bas) fabrique des palettes à partir de déchets de noix de coco, remplaçant le bois pour enrayer la déforestation en Asie du Sud-Est. Pond (Danemark) et Cellucomp (Écosse) produisent des résines, fibres et granulés biosourcés entrant dans la composition de peintures, de revêtements et de matériaux composites naturels. Renmatix (Canada) développe des ingrédients biosourcés pour les produits de beauté et alimentaires. Orange Fiber (Italie) a inventé une fibre textile proche de la soie, dérivée de résidus de la production de jus d'agrumes, déjà utilisée par Salvatore Ferragamo. Tipa (Israël) fabrique des emballages en plastique compostable, et Origin Materials (USA) a inventé un bio-PET recyclable suscitant l'intérêt de Danone et Nestlé.

La biotechnologie industrielle permet de « biofabriquer » des matériaux, un procédé en vogue**.** Il s'agit souvent d'une fermentation : des micro-organismes comme des levures, des bactéries et des champignons sont cultivés sur des sucres dérivés de biomasse, afin de « faire pousser » les matériaux désirés.

Pionnier du secteur, Ecovative (USA) biofabrique des matériaux de construction et d'emballage avec du mycélium de champignon, pour des clients comme Dell et IKEA. Pili (France) développe des colorants renouvelables par fermentation microbienne, un procédé qui n'utilise ni pétrole, ni produits chimiques, et cinq fois moins d'eau que les pigments pétrochimiques. Modern Meadow et BioMason (USA) biofabriquent respectivement du cuir et du ciment. Dans le futur, peut-être sera-t-il possible de biofabriquer des composants électroniques : des scientifiques ont déjà produit des « nanocâbles microbiens » avec une version modifiée de Geobacter, une bactérie présente dans les sols.

Matériaux et produits dérivés de GES capturés

Les exemples ci-dessus utilisent une biomasse de deuxième et troisième génération : les sous-produits agricoles et les algues. Une nouvelle approche consiste à réutiliser du CO2 ou du méthane capturé pour fabriquer des carburants (ODD 7), des matériaux de construction, des produits chimiques, des bioplastiques ou encore des farines protéinées. Sous certaines conditions, ce type de processus pourrait atteindre une empreinte carbone négative.

Un procédé simple pour séquestrer du CO2 est d'éviter qu'il soit relâché par la biomasse en décomposition : la combustion par pyrolyse permet d'en faire du **biochar** (voir ODD 2 et 13). MadeofAir (Allemagne) le convertit ensuite en élégants matériaux pour les façades de bâtiment, constitués à 90 % de carbone capturé.

Le CO2 peut remplacer le ciment dans la production de béton, qui est une importante source d'émissions. Finalistes du XPrize, CarbonCure et CarbiCrete (Canada) utilisent le CO2 des gaz de combustion. Le premier l'injecte dans le béton humide pour réduire le besoin en ciment, et le second substitue le ciment par un matériau à base de CO2 et de scories d'acier (déchets de la sidérurgie). Blue Planet (USA) séquestre le CO2 dans un agrégat utilisé pour fabriquer du béton et des tuiles.

Soletair (Finlande) utilise un **procédé** électrochimi**que** pour fractionner l'eau en oxygène et hydrogène, et combiner ce dernier avec du CO2 atmosphérique pour synthétiser des produits chimiques et du carburant. L'approche est similaire à Opus12 et Carbon Engineering (ODD 7).

La **fermentation gazeuse** (ODD 7) permet de cultiver des microbes sur les gaz émis par l'agriculture, les décharges à l'air libre, les stations d'épuration, les sites industriels et les centrales fossiles. Le méthane combiné à l'oxygène permet à Newlight (USA) de produire un bioplastique baptisé Aircarbon, utilisé par IKEA. Mango Materials (USA) utilise la même technique pour fabriquer des emballages et des fibres de polyester, tandis que StringBio (Inde) génère des monomères destinés à la production de bioplastiques, de produits chimiques, et de protéines.

Photo: Pili

Matériaux de pointe

Cette catégorie englobe les matériaux développés pour des propriétés physiques particulières, comme une robustesse et une longévité accrues. Bolt Threads (USA) cultive des levures génétiquement modifiées pour produire de la soie d'araignée synthétique, une fibre textile alliant haute performance (résistance, douceur, élasticité) et durabilité.

Woodoo (France) a pour objectif de décupler les performances du bois pour en maximiser l'adoption dans la construction et tirer parti de ses propriétés écologiques. La startup remplace la lignine (un des composants du bois) par une résine végétale avec une meilleure résistance aux chocs, au feu et à l'humidité. Le matériau translucide sera en pilote dans l'industrie du design pour réaliser des économies d'échelle.

Matériaux recyclés

Le recyclage de déchets industriels et urbains constitue une autre source d'approvisionnement durable en matières premières. Le studio Maximum (France) convertit des flux de déchets industriels en mobilier design.

Cette approche a un potentiel considérable dans la construction, secteur qui utilise le plus de ressources et produit le plus déchets. Les matériaux et éléments (châssis de fenêtres, murs intérieurs, etc.) peuvent être réutilisés pour des bâtiments circulaires. Il est aussi possible de fabriquer de nouveaux matériaux en plastiques recyclés, comme les parpaings de ByFusion (USA), le pavage de Plastic Road (Pays-Bas) et le mobilier urbain de Zicla (Espagne).

Logiciels de conception durable

Les logiciels utilisés par les designers, ingénieurs et industriels ont un rôle clé à jouer. Autodesk *(sponsor du présent rapport)* offre des outils pour l'efficacité énergétique et aide ses utilisateurs à développer leurs compétences en design durable. Les matériothèques comme MateriaBrasil comparent les matériaux sur des critères de durabilité, tandis que Materiom publie en *open source* des recettes de matériaux biosourcés. Financé par l'UE, ResCoM est une collaboration entre académiques et industriels à l'origine d'outils numériques pour une approche circulaire du design produit, du choix des matériaux, des *supply chains* et des *business models*. Spécifique au textile, Circular.Fashion (Allemagne) est un logiciel de conception circulaire dédié aux marques et à leurs fournisseurs.

Réduire de moitié le gaspillage alimentaire au niveau de la distribution et du consommateur, et réduire les pertes tout au long des chaînes de production et d'approvisionnement *[12.3]*

Plateformes de réduction du gaspillage alimentaire

Un tiers de la nourriture produite pour la consommation humaine est gaspillé. Dans les pays développés, les pertes ont lieu surtout au niveau des commerçants, restaurateurs et consommateurs. De nombreux acteurs utilisent le numérique pour attaquer le problème. Phénix (France) et Copia (USA) connectent les supermarchés avec des associations pour leur faire bénéficier des invendus. Dans plusieurs pays d'Europe, Too Good To Go (Danemark) permet de trouver autour de soi des magasins et restaurants vendant à bon prix des plats qui seraient gaspillés.

Winnow (UK) fournit aux professionnels de la restauration une balance connectée qui leur permet de mesurer quelle nourriture ils gaspillent et en quelle quantité, afin d'optimiser leurs achats. Wasteless (Israël) utilise le *machine learning* pour faciliter la tarification dynamique en supermarché, en fonction de la date de péremption des produits.

« Toutes les 15 heures, un nouveau Starbucks ouvre en Chine, alors que ce pays buvait surtout du thé, pas du café. Ils ont réussi à rendre cette boisson attrayante pour les Chinois. Pour changer le monde, nous devons faire la même chose avec les modes de vie durables. Notre mission, c'est de rendre cool les regimes végétariens. »

David Yeung,
Fondateur de Green Monday et de Green Common

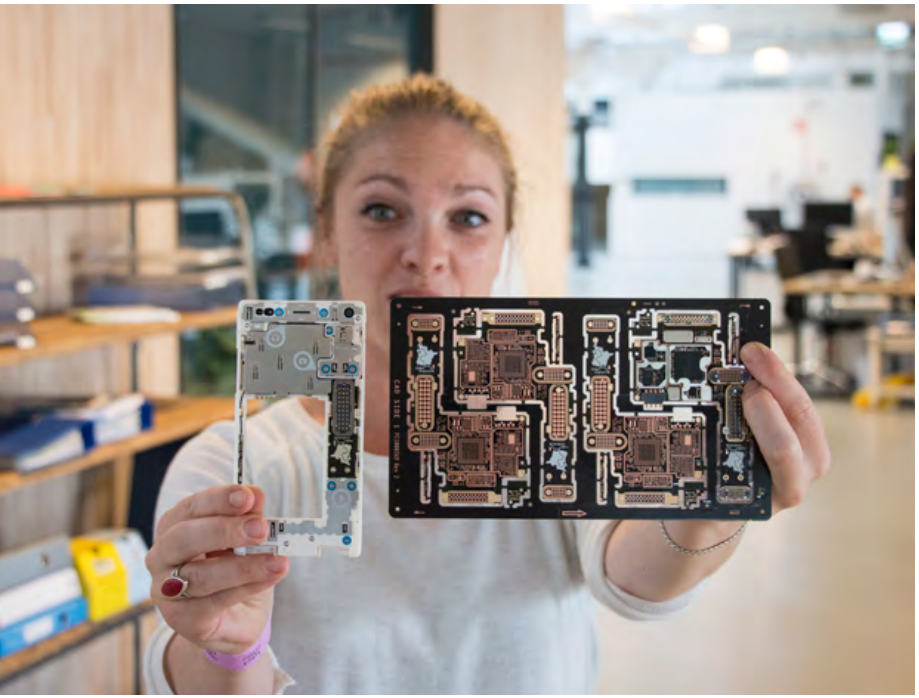


Photo: Fairphone

Réduire considérablement la production de déchets par la prévention, la réduction, le recyclage et la réutilisation *[12.5]*

Les boucles intérieures de l'économie circulaire sont à privilégier, car elles préservent la valeur des ressources matérielles. Les produits ne devraient donc être recyclés que lorsque le réemploi et la réparation ne sont plus possibles. Les exemples ci-dessous portent sur les boucles intérieures, tandis que les ODD 9 et 11 traitent du recyclage.

Plateformes de réemploi

Les dix dernières années ont vu l'essor de l'économie du partage, un modèle faisant circuler les biens dans la population. Les places de marché comme LeBonCoin (France), Geev (France), Tem Açucar (Brésil) et Peerby (Pays-Bas) facilitent la revente, le don, la location et le troc de produits entre particuliers. ReCommerce et Back Market dominent le marché Français du réemploi d'appareils électroniques. Dans l'économie de la fonctionnalité, des sites comme Vigga (Danemark) permettent aux parents de louer des vêtements pour bébés.

Parmi les nouvelles approches autour des **emballages réutilisables**, Loop par TerraCycle (USA) est une plateforme *e-commerce* distribuant les produits de grandes marques dans des contenants consignés. Toutefois, dans cet exemple comme dans d'autres mentionnés plus haut, une analyse du cycle de vie est nécessaire pour mesurer les impacts de la logistique et les éventuels effets rebonds.

Certains systèmes ont été transposés au B2B, tel Phénix (France) et Revivn (USA) qui collectent les biens usagés ou en surplus pour les redistribuer à des associations. Enfin, l'**Internet Physique** apporte une vision ambitieuse pour le long-terme. La Fondation Ellen MacArthur le décrit comme *« un système logistique fondé sur des conteneurs réutilisables, standardisés et modulaires, commun à différents secteurs grâce à une mutualisation des actifs et des protocoles. »*

Réparation et modernisation des produits

Le design modulaire et l'offre de pièces de rechange permettent de prolonger la durée de vie des produits et de réduire la consommation de matières. Fairphone (Pays-Bas) est le premier smartphone modulaire, fabriqué avec des matériaux équitables, réparable et modernisable grâce aux pièces fournies par l'entreprise. Open Motors (Italie/Chine) est une plateforme *open source* et modulaire pour véhicules électriques et autonomes, conçus pour être assemblés par ses clients.

Des plateformes comme iFixit (USA) offrent un large éventail de **tutoriels de réparation**, tandis que Happy3D (France) des magasins Boulanger permet de commander des **pièces imprimées en 3D.**

Enfin, des entreprises comme Autodesk et IDEO (avec la Fondation Ellen MacArthur) et des universités comme TU Delft enseignent aux designers comment améliorer la durée de vie de leurs produits.

Faire en sorte que chacun aie les informations nécessaires au développement durable et à un mode de vie écologique *[12.8]*

Plateformes d'évaluation de produits

De nombreux sites et applications aident les consommateurs à choisir des produits plus responsables. GoodonYou (Australie), également disponible en Europe et en Amérique du Nord, évalue mille marques de mode sur une échelle de 1 à 5, selon leur impact sur les salariés, les animaux et la planète. L'application agrège des données publiques, telles que les différentes certifications à l'instar Fair Trade. Dans le secteur alimentaire, HowGood (USA) agrège plus de 350 sources de données pour noter 250 000 produits, tandis que Yuka (France) évalue principalement l'impact des produits d'alimentation et cosmétiques sur la santé.

Transparence des chaînes d'approvisionnement

Le **registre** sécurisé et **infalsifiable** permis par la *blockchain* a permis de nouveaux cas d'usage au-delà du *bitcoin* et des transactions financières, dont l'amélioration des *supply chains*.

Ainsi, Provenance (UK) fournit aux entreprises un moyen d'**enregistrer des informations vérifiées sur l'origine de leurs produits** (images, localisations, déclarations, identités) et de **les communiquer aux clients**, soit en ligne, soit en magasin avec des étiquettes RFID. La startup travaille le secteur agro-alimentaire (voir ODD 14) ainsi qu'avec des marques de mode. Ainsi, Martine Jarlgaard utilise Provenance pour la traçabilité de ses pulls alpaga, de l'élevage au magasin.

Dans le même esprit, IBM a lancé la plateforme Food Trust en partenariat avec des acteurs comme Walmart, Carrefour, Nestlé et Unilever. Ces géants agroalimentaires et de la distribution prévoient d'intégrer leurs fournisseurs sur la plateforme, afin d'améliorer la sécurité et la fraîcheur des aliments, tout en réduisant le gaspillage alimentaire.

Ces initiatives reposent essentiellement sur des *blockchains* privées, que certains pointent du doigt comme un moyen de faire passer une base de données assez classique pour une révolution technologique. Cependant, cela ne remet pas en question la valeur des cas d'usage.

Marchés paysans en ligne

Des plateformes permettent aux agriculteurs de vendre leurs produits directement aux consommateurs, en alliant le côté pratique de l'*e-commerce* avec les valeurs des marchés paysans : des aliments sains, produits localement, à un prix abordable et équitable. Présente dans plusieurs pays européens, La Ruche qui dit Oui ! (France) est sans doute le pionnier du modèle. Citons également Farmdrop (UK) et Open Food Network (Australie), ce dernier étant *open source*.

La *FinTech* responsable

Le numérique a profondément transformé la finance : services bancaires, paiements mobiles, investissement, crédit, assurances. Certaines startups *FinTech* souhaitent mettre ces **expériences utilisateur modernes au service d'une banque éthique**. Aspiration (USA) est une banque mobile proposant des placements durables, et redistribue 10% de ses revenus à des associations. OpenInvest (USA) est un **conseiller numérique *(robo-advisor)*** proposant à ses utilisateurs des investissements en cohérence avec les causes sociales et environnementales qui comptent pour eux. Matter (Danemark) cible les fonds de pension (épargne retraite), une importante source de capitaux dans les pays nordiques, que la startup flèche vers l'investissement durable.

Sardex (Italie) est un réseau régional de coopératives de crédit. En Sardaigne, des milliers de PME utilisent déjà sa monnaie électronique et son application de paiement pour leurs transactions commerciales, et le système pourrait s'étendre en Italie. Impak (Canada) développe une application mobile pour identifier des commerces responsables autour de soi, et récompenser les achats avec une crypto-monnaie.

Le **financement participatif** joue également un rôle important. Kickstarter (USA) est désormais une B Corp, et nombre de plateformes se sont spécialisées dans les projets à impact positif, à l'instar de Spacehive (UK) dans la rénovation des espaces publics, ou Lita (France) pour les investissements participatifs dans les entreprises sociales.

Challenges

L'effet rebond tend à atténuer les gains escomptés de l'efficacité en ressources, sous l'influence des changements de comportement ou d'autres réponses systémiques. Cet effet se manifeste de trois manières. (i) L'effet rebond direct, lorsque les bénéfices économiques d'un achat écologique conduit à une plus forte consommation de la même ressource. (ii) L'effet rebond indirect, lorsque les gains sont réinvestis ailleurs, par exemple dans un billet d'avion supplémentaire. (ii) L'effet rebond global, lorsqu'à l'échelle de l'économie, les gains d'éfficacité entraînent davantage de croissance et donc une consommation accrue des ressources. Une piste pour limiter l'effet rebond serait de réinvestir exclusivement le bénéfice économique dans des produits et des investissements ayant un impact net positif sur la biosphère.

La durabilité des matériaux dépend aussi des infrastructures de traitement en fin de vie. Comme le souligne la Fondation Ellen MacArthur : *« Le développement et la mise sur le marché de nouveaux matériaux et formats d'emballage [sont] beaucoup plus rapides que la conception et le déploiement des systèmes de collecte et des infrastructures de traitement après usage correspondants et en sont en grande partie déconnectés. »* Par exemple, les emballages compostables n'ont d'intérêt que s'ils sont réellement compostés ; certains ne pouvant l'être que dans les sites de méthanisation industriels.

Réseaux sociaux, ***e-commerce* et surconsommation.** Malgré les efforts louables pour utiliser le numérique comme vecteur de consommation responsable, les grandes plateformes incitent souvent à l'inverse. Un client britannique sur dix admet avoir acheté des vêtements en ligne uniquement pour publier une photo sur les réseaux sociaux avant de les renvoyer, grâce aux politiques « essayez avant d'acheter » pratiquées par les géants de l'*e-commerce* comme Amazon.

Photo: Jezael Melgoza

Objectif 13

LUTTE CONTRE LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES

13 MESURES RELATIVES À LA LUTTE CONTRE LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES

Prendre d'urgence des mesures pour lutter contre les changements climatiques et leurs répercussions.*

420 GIGATONNES :
LA QUANTITÉ DE **CO2** QU'IL NOUS ÉTAIT AUTORISÉ **D'ÉMETTRE EN OCTOBRE 2018 POUR 1.5C** DE RÉCHAUFFEMENT — NOTRE BUDGET CARBONE, **ÉQUIVALENT À 10 ANS D'ÉMISSIONS**

RAPPORT SPÉCIAL DU GIEC SUR LE RÉCHAUFFEMENT DE 1,5°C

150 À 300 MILLIONS
DE RÉFUGIÉS CLIMATIQUES D'ICI **2050**

GEMENE 2011 (ELSEVIER GLOBAL ENVIRONMENTAL CHANGE)

$20 MILLE MILLIARDS
LA DIFFÉRENCE DE **COÛT ÉCONOMIQUE LIÉ AUX DÉGÂTS,** ENTRE UN RÉCHAUFFEMENT DE 1,5°C ET DE 2°C

BURKE ET AL. 2018 (NATURE)

> Le changement climatique est la chose la plus importante que les humains aient jamais créé sur cette planète. La seule chose qui doive être plus grande encore, **c'est notre mobilisation pour le stopper**

BILL MCKIBBEN, *FONDATEUR DE 350.ORG*

Photo: Tama66

Photo: musicFactory lehmannsound

Impact Tech et ODD 13

L'ODD 13 vise à transposer dans chaque pays les mesures de la Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques. En particulier, l'Accord de Paris vise à limiter le réchauffement bien en dessous des 2°C, et idéalement sous 1,5°C.

Le budget carbone restant pour contenir le réchauffement sous 1,5°C est équivalent à une décennie d'émissions, selon le rapport spécial du GIEC d'octobre 2018. Alors que nous subissons déjà les effets de températures 1°C plus élevées (phénomènes météorologiques extrêmes, blanchissement des coraux, etc.), la trajectoire actuelle nous conduit vers un réchauffement au-delà de 3°C. Ce scénario aurait des répercussions encore plus catastrophiques sur la montée des océans, les pics de chaleur, l'épuisement des ressources en eau, la diminution des rendements agricoles, où les migrations climatiques. Pire encore, en cas dépassement des points de bascule du système-Terre, la situation pourrait dégénerer avec les boucles de rétroaction naturelles, nous menant droit vers un effondrement de notre civilisation.

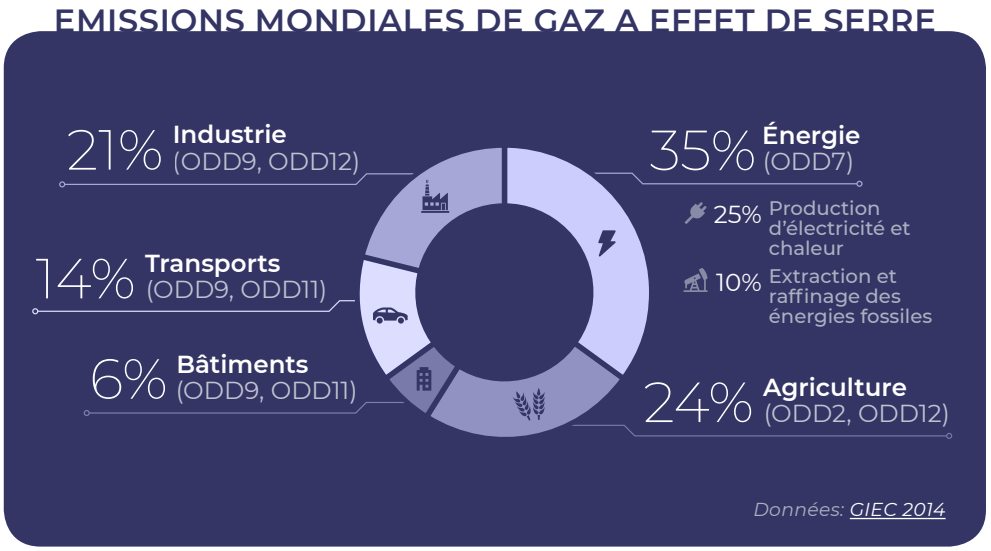
L'urgence climatique exige une réponse « *rapide, d'une grande portée et inédite* » selon le GIEC. Premièrement, les **mesures d'atténuation** doivent réduire au maximum la quantité de gaz à effet de serre (GES) dans l'atmosphère. L'atténuation requiert (i) une réduction drastique des émissions anthropiques, et (ii) l'extraction d'une partie des GES déjà émis : les « émissions négatives ». Deuxièmement, **les mesures d'adaptation** visent à réduire les répercussions inévitables des changements climatiques. **Ce rapport traite principalement d'atténuation.**

Il existe une troisième réponse, souvent présentée comme « assurance catastrophe » en dernier recours : la **modification de l'albédo terrestre** par géo-ingénierie solaire. L'objectif est d'augmenter la capacité de la Terre à réfléchir la lumière du Soleil pour contrôler les températures. Cette approche risquée et très controversée aurait des conséquences énormes et imprévisibles sur les écosystèmes naturels et sur la sécurité mondiale : elle sort donc du cadre du présent rapport.

1. Atténuation par la réduction des émissions

L'objectif de 2°C (voire de 1,5°C) pourrait être tenu à condition que le monde suive une **Loi Carbone : les émissions doivent atteindre leur pic en 2020 au plus tard, puis diminuer de moitié chaque décennie jusqu'en 2050** — soit une réduction annuelle de 7 %.

Cette trajectoire ambitieuse a été proposée en 2017 suite aux calculs de climatologues dont Johan Rockström (également à l'origine des 9 limites planétaires). Le nom de Loi Carbone fait référence à la Loi de Moore qui, dans les années 1960, conjectura que la puissance de calcul informatique doublerait tous les deux ans. La Loi Carbone exige des mesures radicales dans tous les secteurs.



Les paragraphes suivants donnent un aperçu des leviers technologiques pour réduire les émissions dans ces cinq secteurs. Cette synthèse s'appuie sur les travaux d'Exponential Roadmap (basé sur la Loi Carbone), sur ceux de Project Drawdown, ainsi que sur notre analyse. Nous y faisons référence aux ODD 2, 7, 9, 11 et 12 de ce rapport, où sont présentées en détail lesdites solutions.

Énergie

Le secteur de l'énergie est le principal responsable de la crise climatique, avec 35 % des émissions mondiales — 25 % pour la production d'électricité et de chaleur, et 10 % pour l'extraction, le raffinage, la transformation et le transport des énergies fossiles.

Pour réduire de moitié les émissions du secteur énergétique en dix ans, la technologie peut agir sur trois leviers (ODD 7) :

- **La transition rapide vers les énergies décarbonées** issues de sources renouvelables (éolien, solaire, hydrogène, géothermie, énergies marines, hydraulique, biomasse de nouvelle génération) et du nucléaire (fission, fusion)
- **Le stockage d'énergie et les réseaux intelligents** pour gérer la production décentralisée et l'intermittence des renouvelables
- **La réduction des émissions sur les centrales fossiles existantes** (mesure transitoire avant décommission), par la prévention des fuites de méthane, ainsi que la capture et le stockage du carbone (CCS)

Agriculture

L'agriculture et le changement d'affectation des terres (déforestation) génèrent 24 % des émissions mondiales. Par ailleurs, il s'agit du secteur au plus fort potentiel d'atténuation (réduction des émissions et *carbon removal*) selon les calculs de Project Drawdown.

Pour réduire de moitié les émissions du secteur alimentaire en dix ans, la technologie peut agir sur trois leviers (ODD 2 et 12) :

- **La réduction du gaspillage alimentaire**, au niveau de l'après-récolte et sur le lieu de consommation
- **La réduction de la consommation de produits d'origine animale**, via une alimenation à base principalement végétale et une forte diversification des sources de protéines, y compris la viande végétale et la viande cellulaire
- **La transition vers une agriculture régénératrice et autres pratiques durables** : *carbon farming*, alternatives durables aux pesticides chimiques et engrais de synthèse

Industrie

La production industrielle est responsable de 21 % des émissions mondiales. Selon Exponential Roadmap il faut distinguer l'industrie légère (textile, bois, imprimerie, alimentation) et l'industrie lourde (ciment, raffineries, sidérurgie, papier, engrais).

Pour réduire de moitié les émissions de l'industrie en dix ans, la technologie peut agir sur quatre leviers (ODD 9 et 12) :

- **Le passage à l'échelle de l'économie circulaire en travaillant sur les business models, le design produit et la r**e-fabrication
- **Les matières durables d'origine non fossile** pour la production de matériaux et de produits chimiques : matières recyclées, biosourcées, ou dérivées de GES capturés
- **L'efficacité de la production** par l'innovation sur les procédés, de fabrication, l'efficacité énergétique et hydrique, et les chaînes d'approvisionnement raccourcies
- **L'élimination rapide des réfrigérants HFC** dans les climatiseurs et les réfrigérateurs. Ces fluides ont un potentiel de réchauffement 1 000 à 9 000 fois supérieur au CO2, mais peuvent être remplacés, par exemple par du propane

Transports

Le secteur des transports est à l'origine de 14 % des émissions mondiales, dont une part plus importante est issue des régions les plus riches comme l'Europe et l'Amérique du Nord.

Pour réduire de moitié les émissions des transports en dix ans, la technologie peut agir sur cinq leviers (ODD 7, 9 et 11) :

- **Le passage à l'échelle des véhicules électriques (VE) et des carburants durables** : biocarburants de nouvelle génération, hydrogène, carburants solaires
- **La « *Mobility as a Service* » (MaaS) en milieu urbaine**, avec une combinaison de transports en commun, micro-mobilités (actives et électriques) et VE partagés autonomes.
- **L'amélioration de l'efficacité de la logistique** avec des innovations multimodales (trains, camions zéro émission, dirigeables, porte-conteneurs propres), des *supply chains* raccourcies, et un Internet Physique sur le long-terme
- **La réduction des émissions du transport aérien,** en réduisant la demande (télétravail, réunions à distance, transports ferroviaire, routier et maritime) et en investissant dans la propulsion à faible émission (biocarburants, carburants solaires, electrification)

Bâtiments

Les bâtiments génèrent 6 % des émissions mondiales. Cela inclut le fonctionnement des bâtiments existants (60% en résidentiel et 40% hors résidentiel) et les nouvelles constructions, dont le rythme augmentera au cours de la prochaine décennie, surtout en Asie, puis en Afrique.

Pour réduire de moitié les émissions des bâtiments en dix ans, la technologie peut agir sur trois leviers (ODD 7 et 12) :

- **La maximisation de l'efficacité énergétique des bâtiments**, via la rénovation thermique, les équipements à basse consommation, les bâtiments intelligents, et les systèmes de chauffage et de climatisation à faible émissions
- **L'amélioration de la compétitivité de la construction durable, en termes de coûts et de performances**, avec des matériaux à empreinte carbone neutre ou négative, et des procédés de construction plus économes en ressources.
- **La réduction de la demande en nouveaux bâtiments** par l'optimisation, le télétravail et les services dématérialisés.

2. Atténuation par les émissions négatives *(carbon removal)*

Notre budget carbone étant presque épuisé, la réduction des émissions ne suffira pas : il faudra aussi extraire des GES accumulés dans l'atmosphère. Les scénarios du GIEC pour 1,5°C et 2°C, de même que la Loi Carbone, ont recours à des « émissions négatives » obtenus par une extraction massive du carbone atmosphérique.

Le *carbon removal* consiste à restaurer et créer des puits de carbone (naturels et artificiels) afin de capturer des GES et ainsi rééquilibrer le cycle du carbone. Si la Terre était une baignoire, il s'agirait d'élargir la taille de l'écoulement, en même temps que l'on réduit la pression au robinet (la réduction des émissions).

Bill McDonough, architecte et inventeur de la méthode *Cradle-to-Cradle*, voit dans la crise climatique un défaut de conception de notre système : dans l'atmosphère, le carbone se trouve *« au mauvais endroit, en trop grande quantité, et pour trop longtemps »* alors qu'il serait plus utile dans les plantes, les sols et les matériaux.

La « nouvelle économie du carbone » (New Carbon Economy) vise à *« extraire et séquestrer davantage de carbone qu'elle n'en émet dans l'atmosphère. »* Le concept est mis en avant par des acteurs comme Volans (agence de John Elkington), Carbon180, une ONG issue de l'Université de Berkeley, et le New Carbon Economy Consortium (NCE) qui fédère les acteurs de la recherche américaine sur le *carbon removal*. Ces deux derniers ont publié plusieurs rapports depuis 2018, dont une importante synthèse des priorités en matière de R&D.

Plusieurs entreprises *tech* comme LanzaTech et des grands groupes comme Covestro commercialisent déjà des produits issus de carbone capturé. Y Combinator, pionnier de l'accélération de startups et financeur emblématique de la Silicon Valley, recherche proactivement des acteurs du *carbon removal* à accompagner.

« La prochaine frontière est de définir des objectifs au-délà de la neutralité carbone, pour un impact net positif sur le climat. »

Richard Roberts,
Inquiry Lead, Volans

2.1. Puits de carbone naturels

Les puits de carbone naturels comprennent les océans, les sols et la végétation. Ces deux derniers utilisent la photosynthèse pour convertir le CO2 en biomasse : sols, sucres, bois, et fibres végétales.

Restauration des écosystèmes naturels

Les écosystèmes riches en carbone (forêts, tourbières, zones humides, herbiers marins, prés salés) peuvent stocker au moins 150 gigatonnes de CO2 d'ici 2050 selon Project Drawdown. Les co-bénifices sont nombreux : qualité de l'eau, biodiversité, création d'emplois dans le secteur forestier. La section ODD 15 répertorie des **leviers technologiques pour protéger et restaurer les écosystèmes terrestres**, de la surveillance des forêts jusqu'à l'utilisation de drones pour la reforestation à grande échelle. Dans les régions côtières, Novagrass (Danemark) développe des outils pour la restauration de la zostère marine (plantes aquatiques).

Carbon Farming (sols agricoles riches en carbone)

Les sols agricoles peuvent jouer un rôle de premier plan pour séquestrer du carbone à grande échelle. Pour ce faire, il existe un éventail de pratiques telles que l'**agriculture régénératrice** (peu ou pas de labour, rotation des cultures, couvert végétal, plantes vivaces, rotation des pâturages), l'**agroforesterie,** ou l'ajout d'**amendements** au sol comme le compost, les algues ou le biochar (voir plus bas). Selon Project Drawdown, le *carbon farming* pourrait séquestrer 170 gigatonnes d'équivalent CO2 d'ici 2050, plus de la moitié du potentiel d'atténuation climatique du secteur agro-alimentaire. Lancée par la France pendant la COP21, l'initiative 4 pour 1 000 fixe un objectif de 0,4 % par an d'augmentation du carbone dans les sols agricoles, ce qui contribuerait significativement aux objectifs de neutralité carbone.

La technologie fournit des outils pour la **modélisation des sols**, la **mesure de la teneur en carbone** (Quick Carbon, USA), la **comptabilité carbone** pour agriculteurs (COMET-Farm, USA), le financement de la transition agricole (Nori, voir ci-dessous), ou encore les alternatives aux pesticides et engrais de synthèse qui restaurent les micro-organismes présents dans les sols (voir ODD 2). Le consortium NCE évoque également des cultures génétiquement améliorées pour séquestrer davantage de carbone avec une photosynthèse renforcée, des racines plus profondes, ou le croisement avec des espèces vivaces.

2.2. Puits de carbone artificiels

Plusieurs technologies permettent de capturer le carbone présent das l'atmosphère ou les océans, et de le séquestrer durablement dans des roches ou des matériaux utiles.

Capture directe dans l'air *(DAC : Direct Air Capture)*

Le DAC sépare le CO2 de l'air ambiant (ou de l'eau de mer). Le gaz concentré peut alors être stocké, utilisé sous sa forme actuelle (dans des boissons par exemple) ou transformé en de nouveaux produits. Quelques entreprises comme Climeworks (Suisse) et Carbon Engineering (Canada) ont démontré la faisabilité technique sur des sites pilotes, mais les coûts doivent baisser drastiquement — autour de 100 $ la tonne de CO2, contre 400 $ à 600 $ actuellement. Pour ce faire, un levier réside dans les nouveaux matériaux comme les réseaux métallo-organiques *(Metal-Organic Frameworks)*, qui piègent et libérent le CO2 plus efficacement avec leur nano-pores ajustables. NuMat (USA), Mosaic Materials (USA) et MOF Technologies (UK) font partie des quelques acteurs du secteur. Par ailleurs, des progrès importants sont nécessaires pour diminuer la consommation énergétique des DAC.

Photo: Climeworks

Météorisation augmentée *(Enhanced Weathering)*

La météorisation (ou altération météorique) est *« le processus naturel dans lequel les roches sont décomposées et dissoutes à la surface de la terre. »* Phénomène voisin de l'érosion, il se produit lorsque la pluie entraîne une réaction entre la roche et le CO2 formant des bicarbonates, lesquels se déversent dans les océans et forment des sédiments dans les profondeurs. Sur des temps géologiques (des millénaires), il s'agit du plus grand puits de carbone sur Terre, qui permet en outre de réduire l'acidification des océans provoquée par le CO2.

Biochar. Photo: Ncat Caes

La météorisation augmentée (parfois appelée érosion augmentée ou altération forçée) **vise à raccourcir ce processus** sur quelques mois ou quelques heures. En Islande, le projet CarbFix2 utilise du CO2 capturé avec le DAC de Climeworks, afin d'injecter de l'eau gazéifiée dans des roches basaltiques. D'autres approches en milieu terrestre consistent à pulvériser des silicates sur les terres arables pour accélérer les processus naturels, tout en augmentant la teneur du sol en nutriments. Enfin, citons une approche par électrochimie ayant retenu l'attention de Y Combinator : une hydrolyse d'eau de mer alimentée par le énergies marines, afin de produire de l'hydrogène à émissions négatives.

Capture et utilisation du carbone *(CCU : Carbon Capture and Use)*

Secteur en pleine émergence, le CCU (aussi appelé *Carbon-To-Value* ou *CarbonTech*) consiste à **réutiliser du carbone capturé pour fabriquer de nouveaux produits**. L'empreinte carbone peut varier d'une réduction des émissions jusqu'à un bilan carbone négatif, en théorie.

Cette approche illustre la « nouvelle économie du carbone » qui considère le carbone atmosphérique comme une ressource. Parmi les principaux produits synthétisables par CCU figurent :

- **Les matériaux de construction** comme les substituts de ciment (CarbonCure, CarbiCrete, Solidia) et les matériaux fabriqués à partir de biochar (MadeofAir)
- **Les carburants et produits chimiques** issus de la fermentation gazeuse (LanzaTech, Kiverdi, Enobraq) ou par un processus électrochimique (Opus12, Soletair, Antecy)
- **Les bioplastiques et biopolymères** issus de la fermentation gazeuse du méthane (Newlight, Mango Materials)
- **Les farines protéinées** (String Bio, Kiverdi)
- **Les matériaux de pointe** : fibre de carbone, nanotubes et graphène (Carbon Upcycling)

Plusieurs des acteurs mentionnés ci-dessus sont présentés dans les sections relatives aux ODD 7 et 12. Le consortium NCE tempère toutefois les ardeurs : *« tout comme la DAC, la [CCU] se heurte à des défis en science des matériaux, avec un besoin d'innovation sur les catalyseurs, les anodes d'électrolyse, et les membranes. »* Le consortium mentionne également les méthodologies d'analyse du cycle de vie et les sources de chaleur propre comme axes de recherche prioritaires.

2.3. Puits de carbone hybrides

Les approches hybrides combinent photosynthèse et technologie pour séquestrer le CO2 dans la biomasse et les micro-organismes.

Biochar

Le biochar est un charbon de bois utilisé comme amendement agricole plutôt que comme combustible. C'est une forme stable du carbone solide, produite par la pyrolyse (combustion sans oxygène) de biomasse ligneuse ou de déchets agricoles, évitant la libération du CO2 à la décomposition. Le biochar peut séquestrer le carbone absorbé par photosynthèse pendant des millénaires. Lorsqu'il est broyé, on peut l'appliquer sur les sols agricoles, ce qui l'enrichit en micro-organismes et en nutriments, permet une meilleure rétention d'eau, et peut aider à la dépollution. CarboCulture (USA/Finlande) est une startup produisant du biochar à partir de déchets de coquilles de noix.

Bioénergie avec capture et séquestration de carbone (BECCS)

Le principe du BECCS est de combiner l'énergie de la biomasse (ODD 7) avec la capture du CO2 émis par la centrale : sur le papier il s'agit d'un procédé à émissions négatives. Cependant, bien qu'elle soit évoquée par le GIEC, cette idée est controversée car la biomasse la plus courante (de première génération) induit des effets néfastes à grande échelle. En effet, la surface énorme requise pour les monocultures induit des émissions indirectes, concurrence les cultures vivrières, dégrade les sols et la biodiversité, et consomme énormément d'eau.

Si la biomasse de nouvelle génération (cellulosique, algues, eaux usées) venait à faire ses preuve, les BECCS pourraient toutefois faire partie d'éventail de solutions de *carbon removal*. Le consortium NCE voit un potentiel de R&D dans les algues, les communautés microbiennes, et la génomique végétale et microbienne.

Capture de carbone par phytoplancton

La moitié de la photosynthèse sur Terre est attribuable au phytoplancton, le plancton végétal. Des chercheurs ont envisagé de doper ce puits de carbone naturel, en fertilisant les océans en fer dans les zones pauvres en minéraux, stimulant la croissance du phytoplancton. Les conséquences environnementales étant mal maîtrisées, le déversement de fer a été interdit par un traité des Nations Unies en 2008.

Y Combinator (YC) a récemment publié des notes de concept, radicales et spéculatives, à l'instar d'un phytoplancton génétiquement modifié ne nécessitant pas d'apport en minéraux. Celui-ci serait cultivé dans des milliers d'oasis artificielles en plein désert, permettant de développer de nouvelles zones habitables. YC propose également d'utiliser des systèmes acellulaires optimisés pour la fixation du carbone, plutôt que du phytoplanction vivant, limitant ainsi les risques de prolifération.

3. Atténuation par des leviers transverses

Crédits carbone numérisés

Depuis le Protocole de Kyoto de 1997, pusieurs pays d'Asie, d'Amérique du Nord et l'UE ont tenté de mettre un prix sur le carbone, au travers de taxes et de marchés des émissions *(cap-and-trade)*. Ces mesures n'ont toutefois pas eu d'impact notable sur lesdites émissions. Plusieurs raisons à cela : le niveau des prix, le nombre de quotas, la fraude, les différences intersectorielles, ou les transferts de coûts.

Un marché carbone étant avant tout un mécanisme financier, plusieurs projets s'appuient sur une *blockchain* et des crypto-jetons **pour numériser les crédits carbone,** afin d'améliorer la transparence et fluidifier les transactions. Citons notamment Veridium (en partenariat avec IBM et Stellar), Poseidon, ClimateCoin, la Blockchain For Climate Foundation et CarbonX, laquelle travaille avec des entreprises pour compenser les émissions de leurs produits.

Photo: Markus Winkler

Nori (USA) est une **marketplace pour le *carbon removal***, qui permet aux utilisateurs « d'annuler » leurs émissions en finançant des émissions négatives certifiées, notamment des projets de conversion en agriculture régénératrice. Nori utilise Ethereum pour émettre des *carbon removal certificates*, et travaille avec COMET-Farm pour permettre aux agriculteurs de suivre le carbone séquestré. Pachama (USA) développe une place de marché similaire pour des projets de reforestation, combinée à des outils de mesure du carbone utilisant le *machine learning*, l'imagerie satellite, les drones et le lidar (détection par la lumière).

***Data Science* pour les stratégies climatiques**

L'analyse de mégadonnées et le *machine learning* peuvent informer les stratégies climatiques. L'IA améliore les simulations climat en accélérant les calculs complexes des processus géophysiques, et en adaptant les études d'impact au niveau régional avec davantage de précision.

Les données permettent aussi une meilleure prise décision politique sur les enjeux climatiques, avec des outils de logiciels de modélisation, de prévision et de visualisation. Citons le Google Environmental Insights Explorer destiné aux urbanistes (ODD 11) ou ClimateView (Suède), qui propose aux gouvernements une « salle des commandes » numérique. Celle-ci agrège l'ensemble de leurs données sectorielles, indicateurs de mesures, et politiques publiques, proposées ou déjà en place.

4. Adaptation

Les mesures d'adaptation visent à réduire la vulnérabilité aux effets différés du réchauffement climatique. Bien que le présent rapport se concentre essentiellement sur l'atténuation, nous avons répertorié quelques leviers d'adaptation à titre d'illustration.

La résilience agricole, notamment pour les petits exploitants vulnérables. Ceci inclut les cultures tolérantes à la sécheresse, la collecte et le stockage de l'eau de pluie, les systèmes d'irrigation efficicients, et les outils de prévisions météo et de rendements.

La résilience urbaine, en particulier dans les zones côtières, les régions chaudes et les bidonvilles. Citons parmi l'éventail de mesures possibles : les protections anti-inondation (digues, élévation des rues, création de lits de rivières, chaussées perméables) ; les espaces verts et corridors biologique ; la gestion durable des eaux (efficacité, réutilisation) ; la production alimentaire locale ; les toitures végétalisées et de couleur claire ; la sécurisation des infrastructures critiques (centrales électriques et d'épuration) ; les logiciels de suivi, de modélisation et de prévision ; et les systèmes d'alerte rapide.

La résilience des îles à faible altitude menacées par la montée des eaux, comme les Iles Fidji et les Maldives. Parmi les initiatives originales, citons les projets de cités flottantes comme celui présenté par l'architecte Bjarke Ingels et Oceanix à l'ONU en 2018, ou celui du Seasteading Institute en Polynésie française. Ce dernier a toutefois soulevé des doutes quant à d'éventuelles intentions d'en faire un paradis fiscal.

Note : entre les sorties des versions anglaise et française de ce document, la Global Commission on Adaptation (co-présidée par Ban-Ki Moon, Bill Gates et la CEO de la Banque mondiale) a publié un rapport conséquent que nous vous invions à consulter.

Photo: Patrick Hendry

Challenges

Un problème inextricable sans solution miracle. Beaucoup a été dit au sujet du défi immense posé par l'urgence climatique, et ce empêche notre action collective d'être à la hauteur. Les révolutions technologiques sont nécessaires mais ne pourront constituer qu'une partie de la solution. Un rapport de Brookings Institution reconnaît le potentiel de l'IA mais souligne que ses applications seront de toute façon influencées par les choix politiques. Exponential Roadmap et Project Drawdown insistent sur la complémentarité de la technologie, de la politique et des changements de comportements — un régime alimentaire majoritairement végétarien, ou l'éducation des femmes et des filles. Enfin, les diverses technologies utilisées pour réduire les émissions de GES ont également leur lacunes propres (voir les sections Challenges des ODD correspondants).

La perception publique du *carbon removal*. Le consensus scientifique établit que les émissions négatives seront nécessaires pour atteindre les objectifs de l'Accord de Paris. Pourtant, celles-ci suscitent encore des controverses, notamment le fameux « risque moral » : comment garantir que le cap sera maintenu sur la réduction rapide des émissions ? Si les acteurs du *carbon removal* insistent sur l'importance d'agir sur les deux leviers en même temps, certains chercheurs proposent d'établir des objectifs différents afin de s'en assurer. Une autre préoccupation porte sur les effets indésirables de certains procédés, comme les BECCS et la capture par phytoplancton. A grande échelle, ces méthodes rentrent dans le cadre de la géo-ingénierie, et leurs risques semblent aujourd'hui trop importants pour être acceptables — à moins de progrès substantiels en termes de durabilité systémique.

Adaptation et justice technologique (et climatique). Les populations vulnérables des pays en développement seront les plus touchées par les changements climatiques, alors qu'elles en sont les moins responsables. Selon l'ONG Practical Action, les solutions d'adaptation accessibles et abordables n'ont attiré que peu d'investissements jusqu'à présent.

Objectif 14

VIE AQUATIQUE

14 VIE AQUATIQUE

Conserver et exploiter de manière durable les océans, les mers et les ressources marines aux fins du développement durable.

93%

DES PÊCHERIES MONDIALES SONT SOIT SUREXPLOITÉS, SOIT AU MAXIMUM D'EXPLOITATION DURABLE

FAO SITUATION MONDIALE DES PÊCHES ET DE L'AQUACULTURE, 2018

8 Millions

DE TONNES DE PLASTIQUE PAR AN FINISSENT DANS L'OCÉAN : UN CAMION POUBELLE PAR MINUTE. EN 2050, LES OCÉANS CONTIENDRONT PLUS DE PLASTIQUE QUE DE POISSONS

ELLEN MACARTHUR FOUNDATION, POUR UNE NOUVELLE ÉCONOMIE DES PLASTIQUES, 2016

50%

DES RÉCIFS CORALLIENS ONT DISPARU AU COURS DES 30 DERNIÈRES ANNÉES. AU RYTHME ACTUEL, LA TOTALITÉ AURA DISPARU D'ICI 2050,AVEC LE ¼ DE LA VIE MARINE QU'ILS ABRITENT

WWF RAPPORT PLANÈTE VIVANTE OCÉANS, 2015

> La chose la plus importante que l'océan offre à l'humanité est son **existence même**
>
> ***SYLVIA EARLE,*** *OCÉANOGRAPHE*

Photo: Francis Taylor

Photo: The Ocean Cleanup

Impact Tech et ODD 14

Prévenir et réduire nettement la pollution marine *[14.1]*

Chaque minute, l'équivalent d'un camion à ordures de plastique est déversé dans les océans. Ce volume va quadrupler d'ici 2050, où les océans contiendront en poids plus de plastique que de poisson. La réponse à cette crise nécessite deux choses : (i) une dépollution en aval, et (ii) la prévention de la pollution en amont, par une transition vers des produits et pratiques durables. Comme évoqué au Chapitre 2.3, la première stratégie traite les effets du problèmes, et la seconde ses causes racines. Les deux sont nécessaires.

En complément des solutions spécifiques à la pollution marine, d'autres approches relevant de l'économie circulaire plus largement sont présentées dans les sections ODD 9, 11 et 12. Nous recommandons également la lecture du rapport Pour une nouvelle économie des plastiques de la Fondation Ellen MacArthur.

Technologies de dépollution des océans

Ichtion (UK) et Great Bubble Barrier (Pays-Bas) ont mis au point des systèmes capturant la pollution plastique dans les canaux et les rivières, avant qu'elle n'atteigne l'océan. Dans le cas de la startup néerlandaise, une pompe placée au fond du cours d'eau crée **un rideau de bulles d'air empêchant le passage des plastiques**, mais pas celui des poissons et des navires. Il permet de ramasser même les plastiques submergés, alors que les approches classiques ne traitent que les débris flottant.

L'ONG Ocean Cleanup (Pays-Bas) utilise un **collecteur géant** pour retirer le plastique des zones où il s'accumule en surface de l'océan, telles que le vortex d'ordures du Pacifique nord entre Hawaii et la Californie. L'engin exploite les courants naturels pour concentrer le plastique avant de l'extraire, avec un flotteur en forme de U long de 600 mètres, équipé d'une jupe de 3 mètres de profondeur. Après l'échec du premier test début 2019, Ocean Cleanup a réalisé en octobre un second essai concluant.

Recyclage des plastiques marins et côtiers

Afin d'accélérer la dépollution plastique en mer et sur les littoraux, plusieurs projets visent à améliorer **le recyclage** et commercialiser des produits fabriqués à partir du plastique ramassé.

Dans les pays où la pollution plastique est très importante, l'ONG Plastic Bank (Canada) propose d'**échanger du plastique collecté contre de l'argent, des biens, ou des crypto-jetons émis via une *blockchain*** (fournie par IBM). Gérés par des entrepreneurs locaux, les points d'échange proposent aux collecteurs informels une rétribution au prix du marché, leur permettant de sortir de la pauvreté. L'ONG revend ensuite la matière recyclée sous la marque Social Plastic.

Plusieurs marques commercialisent des **produits fabriqués à base de** déchets plastiques re**cyclés**, à l'instar des dalles de moquette Interface produits à partir de filets de pêche usagés, ou les baskets Adidas qui réutilisent le plastique collecté dans les océans par l'ONG Parley. D'autres comme Thread (USA) et Bureo (Chili) ont mis au point de nouveaux matériaux à base de déchets plastiques et de filets de pêche, qu'ils proposent aux marques pour fabriquer des vêtements, lunettes de soleil, skateboards, ou des chaises de bureaux.

Avec une approche *low-tech* et décentralisée, Precious Plastic (Pays-Bas) a développé des **machines de recyclage** dont les plans sont publiés en *open source,* de même que les instructions à destination des micro-entrepreneurs du plastique recyclé.

Matériaux biodégradables en milieu marin

Selon un rapport d'Ocean Conservancy de 2015, même dans un scénario très optimiste, l'amélioration du recyclage ne pourrait que stabiliser le déversement des plastiques dans l'océan, et non l'éliminer. La protection des écosystèmes marins requiert donc des efforts complémentaires, tels que des *business models* circulaires (ODD 12) et **des nouveaux matériaux inoffensifs pour l'environnement**.

Les **plastiques biodégradables en milieu marin** offrent une piste sérieuse. En plus d'être compostables (et idéalement biosourcés), ces derniers se décomposent rapidement en milieu marin sans nuire aux écosystèmes aquatiques. Si, comme le rappelle le PNUE, la plupart des plastiques labellisés « biodégradables » aujourd'hui ne répondent en rien à ce cahier des charges, une poignée d'innovateurs semble sur le point d'apporter la solution. Citons Full Cycle Bioplastics (USA), lauréat du Circular Materials Challenge de la Fondation Ellen MacArthur, ou Solubag (Chili) qui a mis au point un sac plastique hydrosoluble.

Gérer et protéger durablement les écosystèmes marins et côtiers, et prendre des mesures pour leur restauration *[14.2]*

Les écosystèmes côtiers incluent notamment les mangroves, les coraux et les herbiers marins, et les écosystèmes marins désignent l'ensemble de la vie dans les océans et les fonds marins. Bien qu'ils fournissent aux humains et à la nature des services inestimables, ces écosystèmes sont menacés par la surexploitation, la pollution et le réchauffement climatique.

Gestion collaborative de l’espace maritime

Les plateformes géospatiales collaboratives comme SeaSketch visent à démocratiser la gestion de l’espace maritime, en incluant les scientifiques, professionnels, et communautés locales. Le projet SeaChange est un exemple de restauration participative, ayant lieu dans le golfe d’Hauraki, sur l’île nord de la Nouvelle-Zélande.

Drones et robots aquatiques

Les robots et les drones sont utilisés pour l’exploration des océans depuis la fin des années 1950. Au-délà des usages militaires, de surveillance maritime et d’extraction de ressources, ces appareils jouent un clé dans les analyses **météorologiques et environnementales**, ainsi que pour la **recherche scientifique** — sur la biodiversité, les changements climatiques et l’acidification des océans.

Les drones nautiques de surface sont fabriqués par des acteurs comme Ocean Alpha (Chine), Ocius (Australie), Liquid Robotics (USA), ou encore Saildrone (USA), qui met à disposition des flottes d’appareils avec un modèle de service. L’inventeur franco-japonais Cesar Harada avait prototypé l’utilisation de drones à voile avec Protei, afin de nettoyer la pollution marine après la marée noire de BP en 2010.

Les drones et robots sous-marins permettent d’étudier les micro-organismes aquatiques pour comprendre les cycles du carbone, ou lutter contre les espèces envahissantes d’étoiles de mer, qui menaçent les coraux de la Grande Barrière. Les chercheurs du MIT ont aussi mis au point des « robots sous-marins souples » en forme de poissons, conçus pour nager aux côtés des vrais pour les étudier au plus près. Projet emblématique du mouvement *maker*, OpenROV est un drone sous-marin *open source* pour les sciences citoyennes. L’entreprise s’est associée à National Geographic pour lancer OpenExplorer, une plateforme sur laquelle les utilisateurs peuvent documenter leurs explorations.

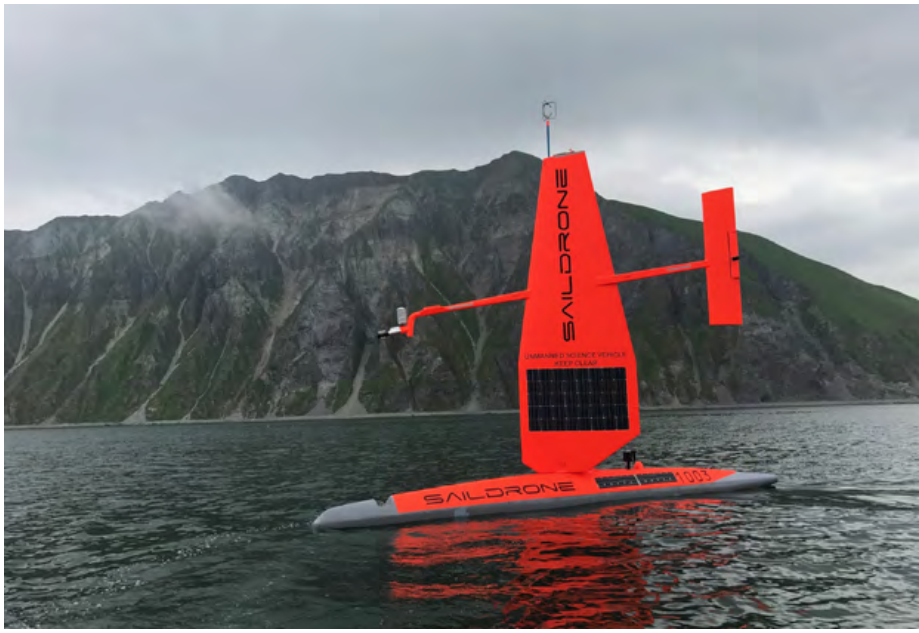


Photo: Saildrone

Renforcement des récifs coralliens

Les récifs coralliens occupent moins de 0,1 % de la surface des océans, mais abritent plus d’un quart de la vie marine. Leur survie est menacée par les blanchissement massifs provoqués par le réchauffement climatique et l’acidification des océans, même dans le cas d’un scénario à 1,5°C. Des équipes de chercheurs en Australie, au Brésil, à Singapour, en Floride et au Royaume-Uni travaillent d’arrache-pied pour trouver un moyen de préserver ces écosystèmes vitaux. L’une des pistes serait de **produire des « super coraux »** résistants à la chaleur grâce au génie génétique. D’autres techniques consistent à augmenter la fréquence de la reproduction des coraux, ou à utiliser des probiotiques pour renforcer leur résistance à la pollution marine

Mettre un terme à la surpêche, à la pêche illicite, non déclarée et non réglementée, aux pratiques destructrices, et gêrer les pêcheries par les données scientifiques afin de les restaurer *[14.4]*

Surveillance des pêcheries

Global Fishing Watch utilise l'imagerie satellite et le *machine learning* pour un **suivi gratuit, en quasi temps réel de la pêche commerciale à travers le monde.** Cette initiative est née d'une collaboration entre Google, SkyTruth (imagerie satellite) et l'ONG Oceana, avec le soutien de la Fondation DiCaprio. Plusieurs pays comme l'Indonésie, le Pérou et le Costa Rica lui ont depuis donné accès à leurs données nationales de surveillance des navires.

Nature Conservancy utilise des **caméras embarquées sur les bateaux pour contrôler la** pêche. En 2017, l'ONG s'est associée avec Kaggle, une communauté en ligne d'ingénieurs en *machine learning*, pour mettre au point des algorithmes de reconnaissance des espèces de thon, de requin et d'autres poissons, afin d'accélérer l'analyse des vidéos.

Traçabilité des produits de la mer

Né d'un partenariat entre les Etats-Unis, l'Indonésie et la startup Eachmile (Singapour), mFish vise à garantir des produits issus de pêcheries gérées durablement, en améliorant les conditions de vie des communautés côtières. Les pêcheurs peuvent utiliser l'application gratuite pour **accèder à des données météo en temps réel, consulter des conseils pour la** pêche**, et documenter leurs prises.** Cette troisième action est récompensée avec le Fishcoin, une cryptomonnaie.

D'autres acteurs visent à apporter une **traçabilité des produits, du bateau de pêche** à l'assiette, en répertoriant les maillons de la chaîne d'approvisionnement avec un **registre *blockchain*.** Plusieurs pilotes ont été déployés en Asie du Sud-Est par Provenance (UK, voir ODD 12), ainsi qu'aux Îles Fidji par WWF et ConsenSys.

Technologies pour une aquaculture durable

L'aquaculture désigne l'élevage de poissons, crustacés, mollusques et algues. Selon la FAO, c'est la filière alimentaire qui connaît la croissance la plus rapide : elle fournit **la moitié des produits de la mer** consommés dans le monde. Avec le déclin des réserves de poissons et la croissance de la population mondiale, le rôle de l'aquaculture est vital.

Malheureusement, l'élevage d'espèces piscivores comme le saumon a des répercussions désastreuses sur la vie aquatique, en raison de la quantité de nourriture requise, des parasites introduits, et de la pollution des écosystèmes côtiers engendrée par les excréments et l'excès de nutriments. L'aquaculture de crevette est l'une des causes principales de la destruction des mangroves. La maltraitance animale et l'usage excessif d'hormones et d'antibiotiques parachèvent ce tableau.

Plusieurs innovateurs se sont mis en quête de **créer une aquaculture durable**. Un marché porteur est la production d'aliments de substitution pour nourrir les poissons : à base d'insectes comme Ynsect (France), Protix (Pays-Bas), Entocycle (UKi) et AgriProtein (Afrique du Sud), ou dérivés de gaz à effet de serre recyclés comme StringBio (Inde), Calysta (USA) et NovoNutrients (USA). D'autres acteurs proposent des solutions **pour renforcer le système immunitaire** des poissons et éviter le recours aux antibiotiques, tels IctioBiotic (Chili) et Prospective Research (USA).

Photo: Green Wave

Des designs alternatifs pour les fermes d'aquaculture peuvent atténuer la pollution des écosystèmes littoraux. Citons par exemple les **systèmes extracôtiers**, dans lesquels le géant maritime norvégien DNV GL a investi, ou encore les **systèmes aquacoles terrestres** alimentés aux énergies renouvelables, comme Matorka (Islande).

Si les élevages de saumons et de crevettes génèrent l'essentiel des soucis, The Nature Conservancy (TNC) souligne qu'ils ne représentent au final qu'une fraction de cette industrie. Un article co-rédigé par TNC et l'Université d'Adélaïde indique que la **culture des algues et des mollusques** pourrait non seulement répondre à la demande de produits de la mer, mais aussi délivrer de précieux services environnementaux : amélioration de la qualité de l'eau, restauration des récifs, création d'habitats pour la vie aquatique, et séquestration du carbone. Lauréat du Buckminster Fuller Challenge en 2015, GreenWave (USA) est un pionnier de ce modèle d'**aquaculture régénératrice**, utilisant des fermes marines verticales multi-espèces.

Poisson et fruits de mer artificiels (cellullaire ou végétal)

Il est possible de produire des protéines alternatives dont l'apparence, la texture le goût sont similaires aux produits de la mer. **Les poissons et fruits de mer artificiels** pourraient aider à réduire la pression sur les pêcheries et les fermes aquacole. Ces produits peuvent être **d'origine végétale** comme New Wave Foods (USA) et Odontella (France), ou **issus de la culture cellulaire** comme Finless Foods (USA). La section relative à l'ODD 2 présente en détails les méthodes de production de viande végétale et cellulaire en général.

Challenges

Technologies duales. Un rapport du WEF souligne que *« nombre des technologies visant une gestion durable des pêches peuvent aussi être utilisées pour en accélérer l'exploitation. »* Parmi les risques, citons le l'exploitation minière sous-marine pouvant endommager les écosystèmes des grands fonds marins, l'usage de données océaniques en temps réel pour la pêche illégale, ou encore les conséquences écologiques d'une introduction non contrôlée d'espèces transgéniques (voir aussi ODD 3 et Chapitre 4 sur le forçage génétique).

Le besoin d'infrastructures numériques pour les pêcheurs. Avant de pouvoir tirer parti des innovations qui visent à améliorer leurs vies, les petits pêcheurs et communautés littorales des États insulaires en développement nécessitent, avant toute chose, une meilleure connectivité et un développement de leurs capacités numériques.

Photo: ILO - Tran Vinh Nghia

Objectif 15

VIE TERRESTRE

15 VIE TERRESTRE

Préserver et restaurer les écosystèmes terrestres, en veillant à les exploiter de façon durable, gérer durablement les forêts, lutter contre la désertification, enrayer et inverser le processus de dégradation des sols et mettre fin à l'appauvrissement de la biodiversité.

75%

DES TERRES ÉMERGÉES SONT CONSIDÉRABLEMENT DÉGRADÉES, MENAÇANT LE BIEN-ÊTRE DE 3,2 MILLIARDS D'INDIVIDUS

IPBES (*), RAPPORT 2018 / NATIONAL GEOGRAPHIC

40%

DES MAMMIFÈRES ONT PERDU 80 % DE LEUR AIRE DE RÉPARTITION ENTRE 1900 ET 2015. CET « ANÉANTISSEMENT BIOLOGIQUE » MONTRE QUE LA SIXIÈME EXTINCTION MASSIVE EST EN COURS, AVEC UNE DISPARITION DES ESPÈCES 100 FOIS PLUS RAPIDE QU'IL Y A UN SIÈCLE

CEBALLOS, EHRLICH ET AL. 2017 (PNAS / THE GUARDIAN)

** **IPBES =** Plate-forme intergouvernementale sur la biodiversité et les services écosystémiques, ou « le GIEC de la biodiversité ».*

> La plupart des dommages que nous causons à la planète est **le fruit de notre propre ignorance**
>
> ***YVON CHOUINARD,** FONDATEUR DE PATAGONIA*

Photo: Pixabay

Photo: Rainforest Connection

Impact Tech et ODD 15

Garantir la préservation, la restauration et l'exploitation durable des écosystèmes terrestres et d'eau douce (forêts, zones humides, montagnes, zones arides). Stopper la déforestation et accroître considérablement le boisement et le reboisement *[15.1 + 15.2]*

Surveillance des écosystèmes terrestres

Le numérique et les capteurs fournissent de nouveaux outils de surveillance et de protection des écosystèmes naturels. Née d'un partenariat entre le World Resource Institute et l'entreprise de satellites Orbital Insight, Global Forest Watch fournit gratuitement, en quasi temps réel, des données sur l'état des forêts du monde. Autre exemple, L'Atlas de la déforestation et des plantations de Bornéo compile les données historiques extraites d'images satellites, de cartes des sols et de cadastre, pour identifier les entreprises responsables de la déforestation.

Rainforest Connection utilise des capteurs acoustiques pour lutter en temps réel contre la déforestation illégale. Les capteurs sont fabriqués avec des vieux téléphones portables raccordés à un microphone et alimentés par des petits panneaux solaires, et les flux audio sont analysés avec le *machine learning* pour reconnaître le bruit des scies. L'ONG Conservation Drones publie des tutoriels pour construire et utiliser des drones pour la conservation des régions tropicales : suivi des zones protégées, cartographie des écosystèmes, inventaires de la faune.

Photo: Maria Mekht

Modélisation et analyse des sols

Les projets de conservation et de restauration des écosystèmes terrestres nécessitent une compréhension approfondie de la formation des sols et de leur propriétés. L'analyse de données et le *machine learning* permettent aux scientifiques de cartographier les sols et de les analyser, notamment par spectrométrie (via le spectre lumineux). SoilGrids est un exemple de cartographie automatisée, offert par World Soil Information avec une plateforme de partage de données pédologiques.

Plateformes de données géospatiales

La manipulation de données géospatiales est une tâche courante dans les projets de conservation. Le PNUD, le PNUE et la Convention sur la biodiversité de l'ONU ont lancé UN Biodiversity Lab, une plateforme visant à fournir aux pays les données pertinentes pour la prise de décision sur la protection des écosystèmes. La plateforme repose sur MapX, un logiciel de cartographie géospatiale développé par l'ONU, qui agrège des données scientifiques vérifiées et fournit des outils d'analyse, de visualisation et de partage des connaissances.

Pour des besoins opérationnels, OpenForests (Allemagne) est une plateforme destinée aux gestionnaires forestiers pour gérer les cartes, modèles 3D, inventaires de biodiversité, et permet d'intégrer de nouvelles données par drones et imagerie satellite.

Reboisement par drones

Lauréate du challenge Hello Tomorrow en 2015, Biocarbon Engineering (UK/Australie) fournit des solutions de **reforestation à grande échelle.** Avec l'ambition de planter jusqu'à un milliard d'arbres par an, la startup utilise des drones et des algorithmes pour cartographier les terrains, optimiser les schémas de reboisement, puis automatiser la plantation des semences, larguées par drones dans des capsules compostables. DroneSeed (USA) fournit des solutions similaires.

Technologies de verdissement du désert

La reconquête des terres désertiques permettrait de restaurer le capital naturel, tout en luttant contre les pénuries d'eau et de nourriture. Une réussite emblématique est le reverdissement d'un tiers du désert de Kubuqi en Mongolie-Intérieure au cours des trente dernières années. Celui-ci fut possible en grande partie gâce aux innovations *low-tech* développées par l'entreprise Elion : injection d'eau dans le sable pour la plantation d'arbres, barrières de stabilisation des dunes, serriculture, et autres méthodes agroécologiques dont le recours aux plantes résistantes à la salinité et l'alcalinité, ou la production d'engrais biologiques. Elion a aussi créé un Centre de Ressources Génétiques, afin de préserver la diversité génétique de la végétation de la région.

FinTech pour la conservation

Une étude de 2014 réalisée par WWF, Credit Suisse et McKinsey estimait que la restauration des écosystèmes nécessite entre 300 et 400 milliards $ par an, contre 52 milliards mobilisés actuellement (surtout par les fonds publics et philanthropiques). **La *FinTech* pour l'investissement durable** peut aider à combler cet écart, à l'instar de plateformes pour particuliers comme OpenInvest (USA) ou de Tree Token (France/Thaïlande), un fonds en cryptomonnaie pour l'agroforesterie. Autre modèle intéressant, Ecosia (Allemagne) est un moteur de recherche alternatif, dont les revenus publicitaires ont permis de planter 70 millions d'arbres.

« Les "sciences" économiques sont dominées par une idéologie pré-anthropocène dépassée, qui considère les forêts et les océans comme des ressources infinies et des décharges. Nous devons adopter une approche "Biosphere Positive" à ce que nous extrayons, produisons, et consommons. Cela permettrait de restaurer la biodiversité, de séquestrer du carbone, de préserver les ressources en eau. Cela renforcerait la résilience du système-Terre lui-même. »

Owen Gaffney,
Directeur du Stockholm Resilience Center

Réduire d'urgence et significativement la dégradation du milieu naturel, mettre un terme à l'appauvrissement de la biodiversité, protéger les espèces menacées et prévenir leur extinction *[15.5]*

Photo: Frans Van Heerden

Dispositifs d'analyse de terrain

Afin d'identifier rapidement des espèces sur le terrain, le ***barcoding* ADN** permet de comparer un échantillon génétique avec une base de données pré-établie. Conservation X Labs développe actuellement un modèle portatif, *low-cost* et *open source*, spécialement conçu pour identifier le bois et la vie sauvage dans les pays en développement. Une approche plus sophistiquée consiste à utiliser un **séquenceur ADN portable** pour identifier de nouvelles espèces. Citons aussi les figurines animales imprimées en 3D pour attirer les espèces au plus près du matériel.

Le numérique et les **sciences citoyennes** permettent à chacun d'apporter sa contribution. L'application mobile iNaturalist a ainsi récolté 27 millions d'observations portant sur 240 000 espèces *(en octobre 2019)*. Avec cette base de données colossale, l'application alimente un réseau de neurones pour mieux identifier les espèces prises en photo.

Promouvoir un accès approprié aux ressources génétiques, et favoriser un juste partage des bénéfices qui découlent de leur utilisation *[15.6]*

Plateformes génomiques pour la bio-économie

Le projet Earth Bank of Codes vise à créer une **base de données pour exploiter de façon juste le patrimoine génétique** de la biodiversité terrestre, en démarrant par le bassin de l'Amazone. Avec l'aide d'une IA, les chercheurs et entreprises peuvent identifier des informations génomiques essentielles à de nouvelles découvertes, comme des médicaments tirant parti des gènes de la peau de grenouille et du venin de vipère. La provenance des ressources étant enregistrée avec une *blockchain*, un *smart contract* (contrat intelligent) assurerait le partage des bénéfices avec les communautés indigènes qui entretiennent les écosystèmes d'origine. Le projet est associé au WEF et au Earth Biogenome Project, une initiative scientifique mondiale visant à séquencer le génome de tous les eucaryotes pendant les dix prochaines années.

Mettre un terme immédiat au braconnage et au trafic d'espèces protégées et s'attaquer au problème du commerce sous-jacent *[15.7]*

Protection de la faune sauvage en temps réel

Société du regretté Paul Allen (co-fondateur de Microsoft et philanthrope), Vulcan fournit une **plateforme de protection de la faune sauvage en temps réel.** Celle-ci agrège les relevés GPS des déplacements des animaux, les photos des caméras cachées, et la localisation des équipes anti-braconnage. La technologie est intégrée à SMART, une suite logicielle *open source* utilisée par les acteurs de la conservation, ainsi qu'à des applications celle de Save The Elephants, une ONG kényanne. Autre exemple, AirSheperd est une plateforme similaire pour la protection des rhinocéros, développée par la Neurala and Lindbergh Foundation,

Produits de la faune synthétique

Un autre moyen de lutter contre le braconnage est de réduire la demande de produits illégaux dérivés d'espèces sauvages. La startup de biologie de synthèse Pembient (USA) produit des **cornes artificielles de rhinocéros** pour les artisans, les sculpteurs et les designers.

« Les opportunités technologiques pour la conservation sont multiples : capteurs et satellites pour la modélisation prédictive, matériaux durables, poisson artificiel... Mais les ONG établies sont parfois techno-sceptiques et souvent politiques. Les choses prennent du temps. »

Cassie Hoffman,
Field Director chez Conservation X Labs

Photo: evva

Challenges

La conservation est encore un secteur de niche, qui attire en comparaison peu d'attention comparé à d'autres sujets comme le réchauffement climatique et l'inclusion financière. Seuls 52 milliards $ vont au secteur chaque année, alors que 400 milliards $ seraient nécessaires. Le secteur est dominé par des ONG bien financées comme le WWF et Conservation International, et peu d'acteurs ont réussi à émerger.

Des acteurs de la conservation... conservateurs. Beaucoup de ces acteurs se sont montrés réticents à tirer parti des possibilités de la technologie pour protéger la nature, même si les mentalités évoluent timidement. Les projets *tech* de conservation restent néanmoins souvent isolés et de petite envergure.

La conservation et la restauration découlent d'une vision anthropocentrique. Comme le résume Mélanie Marcel de SoScience : *« Il est nécessaire d'évoluer vers une logique de partenariat gagnant-gagnant entre les humains et la nature. »*

Objectif 16

PAIX, JUSTICE ET INSTITUTIONS EFFICACES

Promouvoir l'avènement de sociétés pacifiques et ouvertes à tous aux fins du développement durable, assurer l'accès de tous à la justice et mettre en place, à tous les niveaux, des institutions efficaces, responsables et ouvertes à tous.

$2 000 Milliards

DISPARAISSENT CHAQUE ANNÉE À CAUSE DE LA CORRUPTION. THIS IS ENOUGH TO ERADICATE HUNGER AND MALARIA, PROVIDE BASIC EDUCATION TO ALL CHILDREN, AND BRIDGE THE GLOBAL INFRASTRUCTURE GAP

FORUM ÉCONOMIQUE MONDIAL (WEF) 2017 (DONNÉES 2016 DU FMI)

2 Milliards

DE PERSONNES VIVENT DANS DES PAYS DONT LE DÉVELOPPEMENT EST COMPROMIS PAR UNE SITUATION DE FRAGILITÉ, DE CONFLITS OU UN **TAUX DE VIOLENCE ÉLEVÉ**

BANQUE MONDIALE, 2018

13%

DE LA POPULATION MONDIALE A ACCÈS À UNE **PRESSE LIBRE**

FREEDOM HOUSE, 2017

> Être libre, ce n'est pas seulement se débarrasser de ses chaînes ; c'est vivre d'une façon qui **respecte et renforce la liberté des autres**
>
> ***NELSON MANDELA,*** *PRIX NOBEL DE LA PAIX*

Photo: pixel2013

Photo: Forensic Architecture

Impact Tech et ODD 16

Réduire nettement, partout, toutes les formes de violence et les taux de mortalité qui y sont associés *[16.1]*

Prédiction de la criminalité

L'analyse de données et les algorithmes prédictifs peuvent améliorer la sécurité de façon éthique — loin de la dystopie de *Minority Report*. L'Institut Igarapé, une ONG brésilienne proposant des solutions innovantes aux défis de sécurité publique, a développé CrimeRadar pour prédire la criminalité urbaine. L'application utilise le *machine learning* sur les données historiques de 14 millions d'incidents, afin de déterminer le niveau de risque par période dans les quartiers de Rio de Janeiro.

Technologies pour enquête sur les droits humains

L'abondance de contenus numériques peut apporter de nouvelles preuves de violations des droits humains. VFRAME est *« une gamme d'outils open source de reconnaissance par ordinateur, conçus spécialement pour les enquêtes sur les droits humains nécessitant d'analyser de grandes quantités de vidéo »*. L'équipe a notamment permis d'identifier des preuves du recours à des armes illégales dans le conflit syrien.

Forensic Architecture (UK) est un cabinet d'analyse spécialisé dans les crimes de guerre et les violations des droits de l'homme en milieu urbain. En reproduisant les zones de conflit avec **des simulations 3D et des cartographies interactives**, l'entreprise fournit un nouveau type de preuves pour les ONG et les cours internationales.

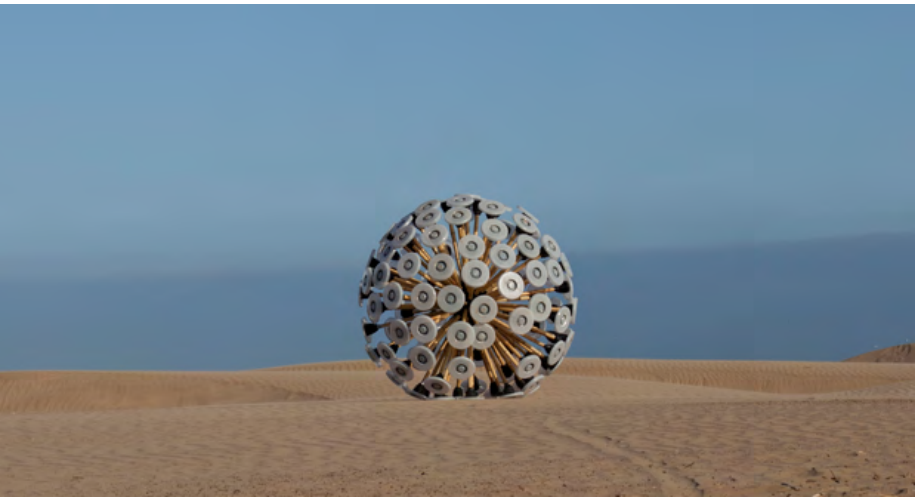


Photo: Mine Kafon

Technologies de prévention des conflits

Le numérique peut jouer un rôle important dans la prévention des conflits. Le Bureau du PNUD du Liban a créé Speak Your Mind, un **outil de sondage sur Whatsapp** pour évaluer la cohabitation entre les communautés syrienne et libanaise, et prévenir la violence. Au Brésil, l'application CopCast de l'Institut Igarapé **utilise des smartphones pour équiper les policiers de caméras,** améliorant la sécurité publique et les relations entre la police et la population locale.

Hala Systems (USA) développe un **système d'alerte rapide pour la protection des civils contre les menaces**, notamment en situation de guerre. L'entreprise agrège des données en temps réel et utilise des algorithmes pour évaluer l'impact des événements. La solution a été testée en Syrie et sera déployée en Ukraine et en RDC. L'entreprise a été accompagnée par PeaceTech Lab, un accélérateur qui travaille également sur les causes profondes de la violence : corruption, tensions ethniques et religieuses, faim et sécheresse, discriminations de genre.

Appareils de déminage à distance

Les mines terrestres et munitions non explosées (UXO) font des milliers de victimes civiles chaque année et nuisent au développement des régions touchées. Fondée par deux frères afghans, Mine Kafon (Pays-Bas) conçoit des **appareils de déminage innovants**. Le plus emblématique est une sphère propulsée par le vent, qui fait exposer les mines en roulant sur le sol. L'entreprise a aussi une gamme de **drones pour la détection et la détonation de mines**, pilotés par une plateforme de contrôle et de visualisation de données géospatiales.

Mettre un terme à la maltraitance, à l'exploitation, à la traite, et à toutes les formes de violence faites aux enfants *[16.2]*

Protection numérique des enfants contre les abus sexuels

Fondée par Demi Moore et Ashton Kutcher, Thorn (USA) est une ONG utilisant **l'IA pour protéger les enfants des violences sexuelles.** S'appuyant sur les résultats d'une enquête menée auprès de rescapés, elle a développé Spotlight, un outil d'**identification accélérée des victimes.** Celui-ci permet aux autorités d'intervenir plus rapidement : 8 enfants sont identifiés chaque jour en moyenne, et près de 10 000 au total lors de l'écriture de ce rapport. Thorn a également lancé Safer, une solution permettant aux plateformes numériques de **détecter et éliminer les contenus pédopornographiques** plus rapidement.

Photo: Ushahidi

Mettre en place des institutions efficaces, responsables et transparentes [16.6] Réduire nettement la corruption *[16.5]*

***Open Data* et IA pour l'intégrité publique**

Les données ouvertes (ou *open data*, voir ODD 17) offrent un moyen pour responsabiliser les puissants. OpenCorporates (UK) est une base de données ouvertes de plus de 100 millions d'entreprises dans 125 juridictions, qui s'associe régulièrement à des ONG pour identifier des preuves de corruption. QuiénEsQuién (Mexique) permet de visualiser les **liens entre les politiciens et les actionnaires des entreprises** qui remportent les marchés publics en Amérique latine.

Développé par Transparency International, Integrity Watch est une interface interactive pour **consulter les activités des lobbyistes** et les **potentiels conflits d'intérêts des parlementaires** dans l'UE, en France, au Royaume-Uni et au Chili. Au Brésil, le projet Serenata de Amor, financé par *crowdfunding*, a créé un ***bot* qui identifie les dépenses suspectes des parlementaires** et invite les citoyens à les vérifier. Le gouvernement chinois a aussi testé Zero Trust, une IA anti-corruption qui aurait été désactivée « en raison sa trop grande efficacité ».

***Reporting* Citoyen**

Fondé en réponse à la crise électorale de 2007 au Kenya, Ushahidi permet aux citoyens de **documenter les incidents dont ils sont témoins,** par SMS, email, ou via les réseaux sociaux. Chaque événement est enregistré en temps réel sur une carte, et les cas d'usage incluent le suivi des élections, les interventions d'urgence en cas de crise, ou le contrôle du respect des droits humains. La plateforme a enregistré 50 millions de contributions dans 160 pays des ces dernières années.

I Paid A Bribe (Inde) permet de dénoncer les pots-de-vin, afin de mieux connaître leur nature, le lieu et la fréquence de leur versement. En mai 2019, le site totalisait 180 000 signalements en Inde, et été adapté dans 14 autres pays. Les Nigérians utilisent aussi Tracka pour **signaler les travaux publics abandonnés** et le gaspillage d'argent public.

Enfin, pour **documenter et médiatiser les problèmes chroniques en matière d'environnement, de politique et d'économie**, TIMBY permet aux citoyens de signaler des informations et des activités suspectes ou illégales, via une application cryptée. Les journalistes peuvent comparer les témoignages dans le cadre de leur enquête. La plateforme a été utilisée pour couvrir des sujets variés, comme la politique foncière au Libéria ou l'environnement au Chili.

Open Contracting : commande publique ouverte

À l'échelle mondiale, les marchés publics s'élèvent à plusieurs milliers de milliards de dollars (*trillions*) par an, dont une part significative disparaît avec la corruption. Inspiré par les valeurs de l'*open source,* l'*open contracting* (commande publique ouverte) consiste à publier en accès libre les **informations relatives aux marchés publics**, et de les actualiser en continu. L'objectif est que citoyens et entreprises puissent vérifier que les dépenses respectent des principes d'intégrité, d'équité et d'efficacité.

Depuis 2016 et avec le soutien de Transparency International, le gouvernement ukrainien utilise ProZorro, un **portail de données bâti selon les standards de données de l'*open contracting***. La plateforme repose sur trois principes : la combinaison d'une base ouvertes et d'interfaces utilisateurs certifiées ; un équilibre des contrôles entre l'État, les entreprises et la société civile ; et la transparence totale sur les informations, pour tout le monde. Chacun peut ainsi consulter les candidats, leurs offres, la procédure d'attribution du marché, les décisions et les documents de qualification. Primé à plusieurs reprises et reconnu internationalement comme la référence du domaine, ProZorro héberge 1500 appels d'offres par jour, et on estime qu'il aurait permis à l'Ukraine d'économise environ 1,4% de son PIB.

Services publics numériques

La numérisation des services publics peut aider à rétablir la confiance dans le gouvernement, en servant les citoyens avec plus d'efficacité et de transparence. L'Estonie est souvent citée en exemple pour la qualité de son infrastructure numérique : elle permet aux citoyens de **s'identifier, signer des documents, déclarer leurs impôts, voter pendant les élections, et accéder à la plupart des services publics en ligne.** Par ailleurs, le programme e-Residency (résidence numérique) permet aux entrepreneurs étrangers de gérer en ligne une entreprise domiciliée en Estonie (donc cand l'UE), augmentant l'assiette fiscale. Pourtant, l'Institute for Innovation and Public Purpose (IIPP) de l'UCL souligne que ce succès numérique ne se ressent pas, pour le moment, ni dans la participation citoyenne, ni dans les indicateurs de progrès socia,l comme les inégalités ou la satisfaction en matière de santé ou d'éducation.

Utilisé dans 150 pays, Apolitical (UK) se définit comme *« le croisement entre un TripAdvisor des politiques publiques et un LinkedIn de la fonction publique. »* La plateforme, gratuite, **aide les agents publics à trouver les idées, personnes et partenaires dont ils ont besoin** pour s'attaquer aux plus grands défis sociétaux. Apolitical permet aux responsables locaux et nationaux d'identifier les initiatives ayant déjà fait leur preuve ailleurs, de les adapter à leur contexte local, et d'être mis en lien avec des prestataires innovants pouvant les accompagner.

Permettre une prise de décision dynamique, inclusive, participative et représentative, à tous les niveaux *[16.7]*

Plateformes de participation citoyenne

De nombreux projets de *civic tech* visent à **accroître l'implication des citoyens dans la démocratie** au quotidien**.** Si les plateformes locales (ODD 11) jouissent souvent d'un succès plus rapide, certains exemples se démarquent également à l'échelle nationale.

Photo: Bartolomeo Rossi

Suite au Mouvement des Tournesols de 2014 à Taiwan, le gouvernement organisa un hackathon qui donna naissance à vTaiwan : un **processus de consultation ouverte** géré par les hackers citoyens de g0v. Sa particularité réside dans l'algorithme Pol.is, grâce auquel les avis favorables et défavorables génèrent une carte visuelle des participants regroupés selon leurs propositions, avec l'aide du *machine learning*. Les parties prenantes concernées par la consultation réagissent ensuite aux résultats de celle-ci au cours de **délibérations en personne**, le tout visant à aboutir à un vote plus éclairé.

Ce processus a été utilisé pour des politiques numériques telles que la régulation d'Uber et la vente d'alcool en ligne. Cependant il n'a pas réussi à déborder sur des thèmes structurels comme la réforme des retraites. Récemment, le gouvernement taïwanais a lancé **Join, une second plateforme pour débattre des pétitions.** Elle utilise également Pol.is, mais elle est gérée par des agents publics. Lorsqu'une pétition recueille 5000 signatures, le gouvernement doit expliquer pourquoi une proposition est validée ou refusée. Join s'adresse à un public plus large que vTaiwan, et compte déjà plusieurs millions d'utilisateurs.

Au Brésil, Mudamos utilise une ***blockchain* pour valider les signatures collectées** pour faciliter l'introduction de projets de loi d'initiative populaire au Congrès. En France, Parlement & Citoyens permet aux **députés de s'appuyer sur l'intelligence collective de leurs concitoyens**, afin de trouver la meilleure réponse législative à une problématique.

Gouvernance citoyenne transnationale

Dans une vision encore plus radicale, certains proposent de fédérer les citoyens du monde dans une vaste démocratie transnationale. Soutenu par Y Combinator, Democracy.Earth a mis au point une **plateforme de gouvernance décentralisée** appelée Sovereign, où les utilisateurs peuvent voter sur tout. Le système repose sur un registre *blockchain* des décisions, transparent et théoriquement infalsifiable, et sur des « jetons de vote ». Ces dernier permettent le vote quadratique : un modèle de prise de décision permettant d'exprimer l'intensité de son opinion sur un sujet. Il s'agit surtout d'une expérimentation à ce stade.

Plateformes d'action collective

Au-delà de la participation individuelle, les **organisations de la société civile** jouent un rôle essentiel en démocratie. Si les associations bénéficient de solutions numériques dédiées, par exemple pour **collecter des fonds** à l'instar de HelloAsso (France) et GoodBox (UK), d'autres acteurs organisent les mouvements citoyens. Les plateformes de **pétition en ligne** comme Change.org et Avaaz sont sans doute été pionnières. Parmi les acteurs plus récents, citons Make.org (France) qui facilite les **consultations et plans d'action citoyens** autour de causes sociétales, Loomio (Nouvelle-Zélande) qui permet de prendre de meilleures décisions collectives, ou Open Collective (USA) qui offre aux collectifs informels un moyen efficace de **collecter et gérer de l'argent en toute transparence**.

Au Brésil, Nossas a lancé Bonde, une solution clé en main pour la gestion des actions militantes de terrain. Enfin, Grassroot (Afrique du Sud) propose des outils simples, compatibles avec les téléphones mobiles basiques et à faible bande passante, afin d'améliorer l'accès de tous aux outils de la démocratie participative.

Garantir l'accès public à l'information et protéger les libertés fondamentales *[16.10]*

***Fact-Checking* automatisé**

Bien que les *« fake news »* soient aussi anciennes que la liberté de la presse, elles n'ont jamais été aussi répandues qu'à notre époque numérisée. Comme détaillé au Chapitre 4, la manipulation des médias fait peser une **menace pour la démocratie et la sécurité publique** — par la polarisation extrême des opinions, la montée des populismes, le lynchage d'innocents, ou le conspirationnisme anti-vaccins. L'enjeu est tel que les gouvernements exigent désormais des géants *tech* comme Facebook, Twitter et Google qu'ils intensifient leurs efforts contre la désinformation, notamment en période d'élections. Ces demandes ont donné lieu à un contrôle plus strict des **publicités à caractère politique**, ainsi qu'à la désactivation de millions de comptes fictifs.

Les groupes de *fact-checking* s'efforcent de contenir le problème dans la sphère publique, tels Aos Fatos au Brésil et Fullfact au Royaume-Uni ; ce dernier étant d'ailleurs à l'avant-garde dans la vérification automatique en politique. Certains acteurs comme Factmata (UK) et Metafact (Inde) utilisent le ***machine learning* pour détecter la désinformation** sur les sites d'actualité et les réseaux sociaux, ainsi que les **images et vidéos falsifées**. Mais les groupes Whatsapp représentent un défi de taille dans des pays comme l'Inde, car cette messagerie est très populaire et les informations ne circulent pas publiquement. Metafact souhaite recourir au ***crowdsourcing* pour identifier les messages suspicieux**, avec une récompense pour les contributeurs. Conçus pour accompagner le travail des journalistes, ces systèmes pourraient être utiles, non seulement aux lecteurs et aux équipes presse, mais aussi aux entreprises.

Challenges

***Peace-tech* et *war-tech*.** Malgré de belles histoires sur l'usage de la technologie au service de la paix, rappelons que le secteur de la défense reste l'un des plus gros financeurs de l'innovation technologique. Bien que l'Internet et d'autres applications civiles soient également issus de travaux financés par l'armée, les nouveaux sujets d'investissement technologique des armées font froid dans le dos : armes autonomes, cyber-guerre, forces spatiales, armes biologiques, etc.

***Data Justice* : données et justice sociale.** Surveillance de masse, biais algorithmiques, automatisation des emplois : la *« datafication »* de notre société apporte son lot de menaces pour la justice sociale et les droits humains. Amnesty International a dénoncé la base *Gangs Matrix* utilisée par la police de Londres comme « racialement discriminatoire » (exemple mentioné au chapitre 4.1). Plusieurs think-tank issus de la société civile documentent ces problèmes, tels que Data&Society (USA), Data Justice Lab (UK) et Engine Room. Par ailleurs, les manifestes et autres principes de conception éthique fleurissent dans l'écosystème *tech*. Il reste néanmoins important que les gouvernements s'emparent du sujet avec des politiques publiques intelligentes, au-delà du seul RGPD.

Les défis de la *civic tech* et de la *gov tech*. La plupart des initiatives entrant dans le champ de la *« démocratie et services publiques numériques »* rencontrent deux défis principaux. Premièrement, un enjeu d'accessibilité et de représentativité : les quelques utilisateurs actifs sur les plateformes de participation citoyenne sont, en effet, pour la plupart des citadins blancs et des personnes instruites. Même dans des pays industrialisés comme la France, 20 % de la population ne sait utiliser Internet ou n'y a pas accès. Deuxièmement, un enjeu de viabilité : les principales sources de revenus de ces projets sont les marchés publics et les subventions, les rendant dépendant d'une volonté politique.

Photo: Fibonacci Blue

"L'une des plus grosses difficultés que nous rencontrons dans notre collaboration avec le secteur public, c'est l'incitation à ne pas innover. Les élus reçoivent peu d'éloges quand ils font leur travail correctement, mais se font vertement critiquer s'ils prennent des risques et que les résultats sont négatifs."

Mark Lazar,
Head of Platform, Public.io

Les limites du *fact-checking* automatisé. Premièrement, les données utilisées pour entraîner les algorithmes sont presque exclusivement en anglais. Deuxièmement, l'IA est incapable de vérifier des faits dont la véracité ne peut être démontrée par un humain. Troisièmement, ces systèmes ne peuvent analyser les messages privés sur Whatsapp, ni les publicités ciblées sur Facebook. Quatrièmement, pour être vraiment utile, le *fact-checking* doit avoir lieu en temps réel, sur l'espace média où l'information est consultée, car la majorité des gens ne vérifient pas les sources mêmes lorsqu'ils ont un doute ; il faut par ailleurs que la vérification se fasse dans un langage qui transcende les convictions politiques. Cinquièmement, plusieurs entreprises développent ce type de technologies, ce qui suscite des interrogations quant au fait que des acteurs privés deviennent les garants de la vérité in fine.

Objectif 17

PARTENARIATS POUR LA RÉALISATION DES OBJECTIFS

17 PARTENARIATS POUR LA RÉALISATION DES OBJECTIFS

Renforcer les moyens de mettre en œuvre le Partenariat mondial pour le développement et le revitaliser.

> Plus que jamais dans l'histoire humaine, nous **partageons un destin commun.** Nous ne pouvons le maîtriser **qu'en l'affrontant ensemble**

KOFI ANNAN, *ANCIEN SECRÉTAIRE GÉNÉRAL DE L'ORGANISATION DES NATIONS UNIES*

Photo: Tom Page

SDG Campaign in New York City. Photo: Amaral.andre

Impact Tech et ODD 17

L'objectif 17 vise à renforcer la collaboration pour atteindre les seize autres objectifs. La plupart des ODD exigent des changements structurels, qui demandent un effort combiné de multiples parties prenantes. Différents mécanismes de l'ONU sont en charge des partenariats pour les Objectifs, comme le Fonds des Nations Unies pour les ODD. Ce chapitre couvre surtout les outils et les collaborations ayant trait à la technologie.

Finances : Mobiliser des ressources financières supplémentaires en faveur des pays en développement *[17.3]*

Plateformes de financement pour les ODD

Le déficit d'investissement annuel dans les ODD s'élève à 2500 milliards de dollars. Le secteur de la *FinTech* offre plusieurs leviers pour combler cet écart en mobilisant des capitaux privés : les **transferts de fonds décentralisés**, les **plateformes de microfinance**, et celles pour les transactions d'**impact investing**, que nous avons couvertes dans les sections ODD 1, 2, 7, 9, 10 et 12.

Plusieurs autres initiatives prometteuses sont le fruit de collaborations multipartites. Le PNUD et le Fonds d'équipment des Nations Unies (UNCDF) se sont associés à Kiva, pionnier de la microfinance en ligne, et au gouvernement de Sierra Leone, pour créer un **système d'identité numérique**. Reposant sur une *blockchain*, ce dernier vise à accroître les flux financiers vers les personnes non bancarisées.

Technologie : Promouvoir le développement technologies durables et leur transfert et diffusion vers les pays en développement *[17.7]*

Sciences ouvertes et citoyennes

Plusieurs initiatives visent à **accroître la collaboration dans le domaine scientifique**. Dans le cas de la biologie de synthèse, iGEM (USA/France) a contribué à populariser le domaine depuis 2003 avec sa compétition mondiale par équipes, tandis que la Fondation BioBricks a développe la licence OpenMTA, équivalent de l'*open source* en biologie.

Les sciences citoyennes désignent les travaux scientifiques menés avec l'aide de citoyens. Parmi les pionniers, citons SETI@Home qui exploite la puissance de calcul des participants pour rechercher la vie extraterrestre, ou le casse-tête Foldit, dans lequel les joueurs doivent plier des protéines. iNaturalist (US) agrège les données d'observation des écosystèmes naturels (voir ODD 15). Zooniverse (UK/USA) héberge de multiples projets en ligne de sciences citoyennes, et compte 1.6 millions d'utilisateurs. Nouvel entrant, Just One Giant Lab (France) développe une **plateforme de collaboration de masse** pour la recherche autour des ODD, où les citoyens peuvent contribuer à diverses micro-tâches.

Plateformes de solutions durables

Comme vu au chapitre 2.3, le déploiement de solutions à grande échelle est un enjeu pour la réalisation des ODD. Plusieurs **plateformes de solutions** visent à connecter innovateurs et partenaires pour le changement d'échelle. La Fondation Solar Impulse (Suisse) évalue les solutions *cleantech* avec l'appui d'un réseau d'experts, et promeut les meilleures auprès d'investisseurs, entreprises et acteurs publics. Citons aussi Global Opportunity Explorer (Danemark), qui évalue les solutions aux ODD. D'autres comme ImpactOn (UK), Technology Exchange Lab et Sphaera (USA) recensent les solutions réplicables localement.

Renforcement des capacités : Renforcer les capacités pour la réalisation des Objectifs de développement durable *[17.9]*

Formation en ligne pour les ODD

Les plateformes numériques d'apprentissage offrent un levier supplémentaire pour le renforcement des capacités. Porté par le *Sustainable Development Solutions Network* (SDSN) des Nations Unies sous la direction de Jeffrey Sachs, la SDG Academy produit et sélectionne des ressources pédagogiques en ligne et gratuites, couvrant les principales disciplines liées aux 17 ODD. Sulitest (France) propose un test en ligne pour mesurer et améliorer l'éducation au développement durable chez les étudiants, les professionnels et les citoyens, en partenariat avec plusieurs programmes des Nations Unies.

« Beaucoup voient encore les ODD comme un jeu à somme nulle, avec des compromis entre les objectifs sociaux, économiques et environnementaux. Je pense que le numérique peut aider à résoudre ce problème, en coordonnant les nombreuses parties prenantes de manière transparente et responsable. »

Audrey Tang,
Ministre du numérique de Taiwan

Commerce : Promouvoir un système commercial multilatéral universel, réglementé, ouvert, non discriminatoire et équitable *[17.10]*

La réforme du commerce international en un système juste et durable est une tâche dantasque, dont on peut espérer qu'elle soit à l'ordre du jour des évolutions de l'OMC. Certains projets décrits dans ce rapport pourraient accompagner ce chantier, à l'instar de **l'e-commerce**

responsable (ODD 12) ou del'utilisation de la ***blockchain* pour la traçabilité des *supply chains*** (ODD 10, 12, 14, 15).

Questions structurelles : Renforcer le partenariat mondial pour le développement durable, complété par des partenariats multipartites qui mobilisent et partagent les connaissances, les compétences, les technologies et les ressources financières *[17.16]*

Partenariats technologiques orientés mission

La réalisation des Objectifs mondiaux exige des changements tellement profonds qu'ils requièrent la collaboration de multiples parties prenantes, y compris en rapport à leur usage des technologies.

Les coalitions par domaine technologique visent à maximiser les avantages sociétaux d'un secteur technologique. Citons par exemple le *High-Level Panel on Digital Cooperation* du Secrétariat général de l'ONU, dédié au numérique pour le développement ; le *Hydrogen Council* qui réunit des dirigeants des secteurs de l'énergie, des transports et de l'industrie pour développer l'hydrogène ; ou le Partnership for AI, un consortium regroupant géants de la *tech* et organisations internationales comme le PNUD, l'UNICEF et Amnesty International.

Les coalitions par problème sociétal mobilisent innovateurs et parties prenantes autour de défis spécifiques. Initié par la Fondation des Nations Unies, USAID, la Fondation Gates, et le gouvernement suédois, Digital Impact Alliance (DIAL), vise à développer des solutions techniques pour les acteurs de l'inclusion numérique. Citons également ID2020 dédié à l'identité numérique, 2030Vision qui vise à former des coalitions numériques autour des Objectifs mondiaux, la Global Alliance for Humanitarian Innovation (GAHI), la Alliance for an Affordable Internet, le New Carbon Economy Consortium pour le *carbon removal*, ou encore les « réseaux de réseaux » d'entreprises axés sur le réchauffement climatique, tels que We Mean Business.

Photo: Neil Baynes / SDG Action Campaign

Les coalitions sectorielles s'attaquent aux problèmes structurels d'un secteur économique donné. Dans l'industrie textile par exemple, les coalitions au croisement entre technologies et durabilité sont légion : Make Fashion Circular par la Fondation Ellen MacArthur, les programmes de recherche comme Mistra Future Fashion, ou encore les démonstrateurs de nouveaux modèles comme Relooping Fashion en Finlande. Sur d'autres secteurs, citons MaterialWise, NewCities, Sustainable Energy for All et Sustainable Mobility for All.

Certaines organisations se sont spécialisées dans l'incubation et la coordination de ce type de coalitions, en lien avec une théorie du changement — le Forum économique mondial autour de la quatrième révolution industrielle, la Fondation Ellen MacArthura sur l'économie circulaire, ou encore Forum for the Future sur la pensée systémique.

Accroître la disponibilité de données de haute qualité, à jour et fiables, ventilées selon les caractéristiques pertinentes *[17.18]* Élaborer des indicateurs de progrès en matière de développement durable qui complètent le PIB *[17.19]*

Partenariats autour des données pour les ODD

Ce type de collaborations vise à améliorer l'accès aux données de qualité, lisibles par des machines, afin d'en tirer des enseignements, d'entraîner des algorithmes et de mesurer les progrès.

Les données ouvertes peuvent soutenir l'innovation pour les ODD en mettant à disposition des données publiques sous licence libre, ce qui en permet l'utilisation, la modification et le partage. Bien que les portails *open data* existent depuis des années aux États-Unis, en Europe ou à Singapour, le PNUD organise des challenges pour encourager l'ouverture des données dans les régions moins avancées, comme les Balkans occidentaux. Si les données sont sensibles, un accord bilatéral peut être conclu en amont : Bayes Impact a pu ainsi obtenir du gouvernment Français d'accéder aux données anonymisées du chômage. Cela lui a permis d'entraîner ses algorithmes, améliorant la qualité des conseils prodigués aux demandeurs d'emploi. Les chapitres ODD 15 et 16 contiennent des exemples supplémentaires.

La « philanthropie des données » fait référence à des entreprises qui partagent des données dans l'intérêt général. La plateforme Magic Box de l'UNICEF s'appuie sur les données du mobiles, des réseaux sociaux et de satellite, fournies par Telefonica, Google, IBM, Amadeus et Red Hat. Magic Box offre un éclairage crucial sur les besoins des populations vulnérables et sur la façon de réagir aux catastrophes, épidémies et autres crises. Portée par la GSM Association, Big Data for Social Good agrège les données de 20 opérateurs pour les mettre à disposition des ONG et des gouvernements. Notons aussi que des entreprises comme Waze, Uber, Google, Planet et DigitalGlobe fournissent fréquemment des données sur les mouvements de population et des images satellites pour soutenir les réponses au réchauffement climatique, la planification urbaine, ou la protection des droits humains. GovLab, Omidyar et l'UNICEF ont appelé « Data Collaboratives » cette forme de collaboration, dans laquelle secteurs public et privé échangent des données afin de créer de la valeur pour le plus grand nombre.

Les coalitions multipartites autour des données visent à démocratiser l'accès aux données pour le bien commun. Le Partenariat mondial pour les données sur le développement durable rassemble plus de 300 membres des secteurs universitaire, public, privé, et de la société civile. Le consortium héberge diverses initiatives liées aux données des ODD, telles que 50X2030, qui effectue des enquêtes auprès de familles rurales dans cinquante pays à revenu faible, afin d'éclairer sur les politiques agricoles à mener. A l'initiative du World Resouce Institute, Resource Watch réunit 30 organisations dans le but de rassembler des centaines de jeux données actuels sur l'état de la planète.

« Seul les services publics peuvent servir tout le monde, sans prioriser certains usagers pour des questions de rentabilité. C'est essentiel dans des secteurs comme l'éducation, la santé ou la lutte contre le chômage. Chez Bayes Impact, nous croyons en un nouveau partenariat public-citoyen, pour fournir les services publics numériques du 21e siècle. »

Paul Duan,
Fondateur et Président de Bayes Impact

Outils d'IA et de *Data Science* pour les projets sociaux

Il existe plusieurs agences, collectifs, et organisations fournissant ce type d'outils aux acteurs de l'impact social. Par exemple, Development Seed (USA/Pérou/Portugal) et Radiant Earth Foundation (USA) mettent à disposition des outils de *machine learning* et des jeux de données pour accroître l'usage de l'imagerie satellite dans le développement international. L'ONG DataKind (USA) joue quant à elle le rôle d'intermédiaire entre *data scientists* et acteurs de l'impact.

Photo: UN

Challenges

Les partenariats nécessitent du temps et des ressources. L'équation est donc simple : ils doivent apporter une valeur supérieure au coût nécessaire à la collaboration. Un récent rapport du Département des affaires économiques et sociales de l'ONU (UNDESA) met en lumière 11 manières d'obtenir un « avantage collaboratif », parmi lesquelles la mise en place de standards, le partage des risques, et la mise en commun des ressources pour atteindre une masse critique. Toutefois, il est difficile de s'entendre sur les indicateurs de mesure des objectifs commun.

« Il existe énormément d'alliances, réseaux et plateformes B2B pour le développement durable et l'innovation, souvent d'ailleurs en concurrence les uns avec les autres. Il est difficile pour une entreprise de déterminer dans quelle initiative s'engager. Cela se résume souvent à une relations personnelle. A l'avenir, un critère essentiel de choix sera de savoir si telle initiative ou telle initiative vise à ralentir les dégâts sociaux et environnementaux, ou à enclencher un travail de régénération. »

John Elkington,
Fondateur et Président, Volans

---

4 RISQUES ET ENJEUX TECHNOLOGIQUES

4.1 Risques Critiques

4.2 Causes Racines

CLICK IT!

Avec ce rapport, nous espérons que vous percevrez notre « optimisme prudent » au sujet du potentiel de la technologie à apporter des reponses aux grands défis planétaires. Le versant « prudent » de ce message exige cependant d'être rigoureux au sujet des risques technologiques.

Ce chapitre comprend deux sections. La première passe en revue les huit risques technologiques qui nous semblent les plus critiques aujourd'hui, des biais algorithmiques aux risques existentiels, ainsi que les pistes pour les atténuer. La seconde met en lumière quatre « causes racines » qui, selon nous, sont communes à plusieurs de ces risques : le manque de diversité, le solutionnisme, les incitations économiques et la gouvernance de la technologie.

La technologie n'est ni bonne ni mauvaise, **mais elle n'est pas neutre non plus.**

Melvin Kranzberg,
historien des technologies.

Photo: Sorry imKirk

4.1 Risques Critiques

Photo: Bernard Hermant

Des romans de George Orwell et Aldous Huxley aux films cultes comme Terminator et Gattaca, les auteurs de science-fiction ont toujours fait preuve d'une créativité débordante pour imaginer les plus futurs les plus dystopiques engendrés par la technologie. Certaines œuvres plus récentes comme Black Mirror s'inspirent directement des technologies du moment, de l'IA à la VR en passant par les armes autonomes. Ce qui était hier de la science-fiction rélève aujourd'hui de la science tout court, nous invitant à revisiter les avertissements de nos auteurs favoris.

L'histoire nous rappelle également que les progrès scientifiques et technologiques peuvent avoir un côté obscur. Si les travaux de Pierre et Marie Curie sur la radioactivité ont permis l'avènement d'une source d'énergie révolutionnaire, ils furent aussi exploités pour la création des armes nucléaires. Dans les pages qui suivent, nous examinons la pluralité des risques et enjeux technologiques actuels, tels que la gouvernance des algorithmes, la biosécurité, ou le coût sociétal de la production des appareils numériques et leurs composants.

Dans l'intérêt du développement de l'Impact Tech, il est crucial que les entrepreneurs, investisseurs et autres parties prenantes soient pleinement conscients de ces dangers, qu'ils soient actuels ou prospectifs. Alors, et seulement alors, nous serons en mesure de maximiser les retombées positives et de minimiser les effets néfastes.

Effets psychologiques

Le numérique et ses interfaces ont changé nos vies. Ils nous rendent plus productifs, nous relient au monde, nous donnent accès à un univers de connaissances au bout des doigts, et contribuent à tirer des millions de personnes de la pauvreté dans les pays en développement. Pourtant, ces avantages cachent de nombreux effets indésirables.

Les écrans mobiles, réseaux sociaux et *business models* reposant sur la monétisation de notre attention, ont endommagé notre santé mentale et notre tissu social. L'addiction, le stress, l'anxiété, les difficultés de concentration, la dégradation des relations sociales et les chambres d'écho médiatiques sont quelques unes des conséquences, documentées par des auteurs comme Sherry Turkle et Nicholas Carr.

Ces dernières années, plusieurs cadres de la Silicon Valley ont quitté avec fracas des géants comme Google et Facebook pour dénoncer les dangers de léconomie de l'attention. Selon eux, elle *« pirate nos esprits »* avec des **fonctionnalités addictives** : notifications *push*, défilement infini, lecture automatique des vidéos, *tagging* de photos, etc.. Fondé par l'ex-ingénieur de Google Tristan Harris, le Center For Humane Technology réunit une communauté de professionels de la *tech* qui s'attaquent au problème. Les travaux du Centre incluent la promotion d'un design humaniste, des conseils de bien-être numérique pour les utilisateurs, ainsi que des actions de lobbying pour faire évoluer les réglementations.

La démocratisation de la réalité virtuelle (VR), augmentée (AR), et mixte (MR) induit de nouveaux défis. Il faut d'abord reconnaître le potentiel de la VR pour le traitement des troubles mentaux comme les phobies, l'anxiété sociale et le syndrôme post-traumatique, pour soulager la douleur ou encore provoquer l'empathie. Cependant, la VR peut dans certains cas laisser les usagers dans un état de « vertige existentiel » et pourrait engendrer des troubles psychiatriques persistants. Dans son guide *Ethically Aligned Design*, l'IEEE écrit que la MR *« soulève des questions éthiques sur les droits de l'individu et son contrôle des multiples aspects de son identité, notamment alors que l'usage de la technologie évolue des casques aux appareils et intégrés. »*

Photo: Jens Johnsson

Stratégies d'atténuation

- Techniques et outils au service du bien-être numérique pour reprendre contrôle de sa vie numérique (outils de gestion du temps, écran en nuances de gris, etc.)
- Design éthique minimisant la dépendance à l'écran
- Régulation des sujets comme les fonctionnalités addictives, les appareils pour enfants, et la transparence.

Ressources

- Le Center for Humane Technology qui propose des études sur le sujet, des outils et des conseils pour les utilisateurs, et un guide de conception pour les startups
- La boîte à outils EthicalOS élaborée par Institute for the Future et le Tech and Society Solutions Lab de Omidyar Network
- Le projet Tech Transformed de Doteveryone.

Vie privée et surveillance

Les atteintes à la vie privée et la surveillance de masse figurent parmi les premières préoccupations liées aux technologies. Les révélations d'Edward Snowden ont mis en lumière la façon dont les gouvernements utilisent le numérique pour espionner les populations, tant dans les régimes autoritaires que dans les démocraties libérales.

Aujourd'hui, la Chine est sans doute le laboratoire mondial de la surveillance généralisée par la technologie. Leurs efforts pour une gouvernance par les données ont fait la une des médias, et ont même éveillé l'intérêt d'autres pays. Le crédit social analyse les usages en ligne des citoyens chinois afin d'évaluer leur « capital confiance, » et leur octroie (ou refuse) certains services en conséquence. La reconnaissance faciale identifie les suspects dans les foules ou les piétons traversant en dehors des clous, lesquels sont alors humiliés publiquement sur écran géant. Elle est aussi utilisée pour suivre les émotions des élèves en classe. Enfin, « Study The Great Nation, » application la plus téléchargée au printemps 2019, note les utilisateurs selon leurs connaissances au sujet de Xi Jinping et du Parti communiste chinois.

Dans le secteur privé, la publicité ciblée a largement contribué à faire de la collecte massive des données personnelles la norme. Nous vivons aujourd'hui ce que la professeure d'Harvard Shoshana Zubof appelle **capitalisme de surveillance** : *« la décision unilatérale de s'approprier les expériences humaines privées, qui deviennent une matière première gratuite transformée en données comportementales. »* La technologie devenant de plus en plus omniprésente, les risques d'atteinte à la vie privée recouvrent désormais les systèmes numériques, les historiques de paiements, les appareils domestriques connectés, ou encore les flux de vidéosurveillance.

Récemment, plusieurs projets ont visé à renforcer la confidentialité des données. Dans l'UE, le Règlement général sur la protection des données (RGPD) adopté en 2018 marque une tentative de réponse réglementaire, même si ses détracteurs soulignent sa complexité d''application. Certaines initiatives privées s'efforce de maximiser la protection de la vie privée dès la conception *(privacy by design)*.

Tim Berners-Lee, inventeur du World Wide Web, a ainsi initié Solid, un projet de « re-décentralisation du web » qui permet aux utilisateurs de séparer leurs données des applications qui les utilisent.

How To Mitigate This Risk

- Increased user awareness
- Privacy-enhancing software and devices
- Ethical and secure engineering which enables privacy by design
- Decentralized technologies like blockchains and Solid
- Standards and regulations with clear definitions, going even beyond the general rules in GDPR

Resources

- Research groups like Data&Society (US), ITS (Brazil), Eticas (Spain) and Data Justice Lab (UK)
- Digital rights NGOs like Open Rights Group (US), the Electronic Frontier Foundation (US), La Quadrature Du Net (France), Privacy International (UK), and AccessNow (US/ Global)
- The Web Foundation's initiatives such as the Web We Want coalition and the Contract for the Web
- Thingscon's Trustable Technology Mark
- The EthicalOS toolkit and Doteveryone's Tech Transformed

Photo: Franck V

Biais algorithmiques

Un algorithme est un ensemble d'instructions visant à accomplir une tâche particulière. Lorsqu'il est implémenté dans un programme informatique, celui-ci peut traiter des données en grande quantité pour automatiser des tâches, aider à la prise de décision, ou encore rendre un système plus intelligent avec le temps grâce au *machine learning*.

« Lorsque les machines parviennent à apprendre et à décider par elles-mêmes, à partir de données dont vous n'avez plus le contrôle, attendez-vous à avoir des problèmes. »

Gemma Galdon Clavell,
Directrice d'Eticas

Si les algorithmes sont source de performance, ils peuvent aussi induire une discrimination systématique et injuste lorsqu'ils ont été alimentés avec des jeux de données biaisés. Citons en exemples : des logiciels de prédiction de la criminalité biaisés envers les personnes de couleur ; un système de recouvrement de dettes automatisé qui pénalise les travailleurs occasionnels dont il ne comprend pas les revenus ; des IA d'aide au recrutement biaisées envers les femmes ; ou les risques associés à la médecine personnalisée. Selon les mots de Cathy O'Neil, ancienne analyste de Wall Street : *« les Armes de Destruction Mathématiques notent les enseignants et les élèves, trient les CVs, accordent des prêts, évaluent les travailleurs, ciblent les électeurs, décrètent les libérations conditionnelles et surveillent notre santé. »*

Certains ont défendu l'idée que les algorithmes seraient moins biaisées que les humains. Pourtant, le réel danger réside dans **l'échelle à laquelle les algoritmes implémentent ces biais, souvent sans explication ni aucun recours.** Beaucoup sont de facto des « boîtes noires » échappant à tout contrôle extérieur.

On observe actuellement une prise de conscience généralisée des dangers posés ici. Ingénieurs, chercheurs et militants des droits humains proposent des principes pour des algorithmes responsables (responsabilité, équité, explicabilité, exactitude, vérifiabilité) et adhèrent publiquement à des manifestes comme la Déclaration de Montréal pour une IA responsable. Certaines organisations internationales comme IEEE élaborent des normes de conception éthique.

Dans le milieu académique, le domaine émergent et interdisciplinaire du *machine behavior* (comportement des machines) pourrait aider à mieux comprendre et prévenir les biais algorithmiques. Plusieurs universités de renom se sont dotées de département spécialisés, comme le AI Now Institute de NYU, ou l'initiative Ethics And Governance of AI portée par le MIT et Harvard. En matière de réglementation, l'UE a posé un nouveau standard avec le RGPD et a proposé des principes éthiques pour l'IA. Les États-Unis pourraient rattraper leur retard en la matière avec le projet de loi Algorithmic Accountability Act, présenté au Congrès.

How To Mitigate This Risk

- Greater diversity within engineering teams
- Ethical principles for algorithm development and training, including the use of unbiased datasets
- Standards and certificates of algorithm bias verification, such as the ORCAA label from mathematician Cathy O'Neil
- Regulations on algorithmic fairness, accountability, and transparency, such US and EU proposals

Resources

- Research groups like AI Now (US), Data Justice Lab (UK), Data&Society (US), Eticas (Spain), Engine Room (US/Global)
- AI Now's reading list on gender and racial biases
- The IEEE Ethics in Action initiative
- The Montreal Declaration on Responsible AI
- The AI Commons coalition of academia, civil society and international organizations
- The EthicalOS toolkit and Doteveryone's Tech Transformed

Photo: Gilles Lambert

Manipulation des médias

En 2017, *The Economist* titrait : « *Autrefois vantés pour leur contribution à la démocratie, les réseaux sociaux en sont devenus le pire ennemi.* » Les éloges du Printemps arabe de 2011 ont cédé la place à l'amertume d'une époque en proie à une polarisation politique sans précédent. Au-delà des bulles de filtres et chambres d'écho dont nous sommes prisonniers, plusieurs élections l'ont démontré : *« une économie basée sur l'attention est facilement manipulable. »* Les géants comme YouTube et Facebook ont privilégié les algorithmes qui maximisent « l'engagement » par rapport à des mesures limitant la diffusion de contenus toxiques.

La manipulation des médias s'est imposée comme la nouvelle menace technologique pesant sur la démocratie. Les techniques employées s'appuient surtout sur la diffusion de *fake news* et sur l'usage de mèmes et de *bots* pour amplifier leur portée sur les réseaux sociaux. Elles exploitent également la dépendance des médias en ligne au sensationnalisme et aux métriques d'engagement, ainsi que la facilité à détourner les algorithmes de recommandation. Les stratégies les plus sophistiquées ont également recours au profilage psychologique des utilisateurs et aux publicités micro-ciblées servant à transmettre des messages politiques personnalisés.

> **Quand tout le monde vous ment en permanence,** le résultat n'est pas que vous croyez ces mensonges mais que **plus personne ne croit plus rien.**
>
> ***HANNAH ARENDT,*** *POLITOLOGUE ET PHILOSOPHE*

Cet arsenal est utilisé depuis plusieurs années par les partis politiques, les gouvernements, les groupes de haines et les entreprises, afin de servir leurs intérêts. Ce n'est qu'avec le scandale Cambridge Analytica en 2018 que le monde a pris conscience de **l'influence d'une machine de propagande numérique sur les processus démocratiques**, à l'image du référendum sur le Brexit et de l'élection de Donald Trump.

Les choses pourraient empirer avec les techniques de détournement vidéo augmenté par l'IA : synchronisation labiale, synthèse vocale, et autres *« deepfakes »* insérant le visage d'une personne sur le corps d'une autre. Si les chercheurs travaillent à la mise au point d'outils IA pour détecter plus efficacement les vidéos truquées, ces derniers ne seront pas forcément disponibles là où ces contenus trompeurs sont diffusés.

Les *fake news* peuvent mener à des conséquences dramatiques, y compris la mort de personnes. Dans l'Inde rurale, des rumeurs diffusées sur Whatsapp ont déjà coûté la vie à plusieurs dizaines d'innocents en 2017 et 2018, lynchés par des foules en colère les suspectant d'avoir kidnappé des enfants. La désinformation en ligne alimentent aussi le mouvement anti-vaccins, que l'OMS a nommé parmi les 10 principales menaces pour la santé mondiale.

Ce défi est particulièrement délicat à relever, car mince est la frontière entre la lutte contre la désinformation et l'atteinte à la liberté d'expression. Bien que le *fact-checking* automatisé (ODD 16) s'améliore, de nouveaux problèmes pourraient émerger si les algorithmes devenaient les arbitres de la vérité. Une partie de la solution réside dans le rétablissement de la confiance en nos institutions. Selon l'édition 2019 du Baromètre de la confiance de l'agence Edelman, 40 % de la population partage régulièrement des informations en ligne, mais 73 % s'inquiètent des *fake news* utilisées comme outiil manipulation, et 47 % ne font pas confiance aux médias. Ces derniers *« demeurent l'institution dont le capital confiance est le plus faible »*, selon les auteurs.

Stratégies d'atténuation

- *Fact-checking*, modération, suppression des *fake news*
- Formation et acculturation au numérique pour aider les citoyens à reconnaître plus facilement les *fake news*
- Réglementation des plateformes au sujet des *fake news*, contenus haineaux, et publicités à caractère politique, ainsi que les algorithmes de recommandation

Ressources

- Les think-tank comme le IFTF Digital Intelligence Lab (USA), Data&Society (USA), ITS (Brésil) et EU Disinfo Lab (Europe)
- Les organisations de fact-checking (voir ODD 16)
- La Journalism Trust Initiative de Reporters Sans Frontières.

Impact économique et futur du travail

La crainte que les machines rendent obsolète le travail humain remonte à la première révolution industrielle. L'idée de « destruction créatrice » (les emplois supprimés sont recréés ailleurs) de Joseph Schumpeter, et les travaux de Carlota Perez sur les cycles techno-économiques fournissent un cadre d'analyse historique. Pourtant, la compréhension du passé ne permet pas de prédire l'avenir avec certitude. En analysant les études publiées au sujet de l'automatisation, la MIT Tech Review avait constaté en 2018 que les prévisions divergent tellement qu'elle conclut : *« nous n'avons aucune idée du nombre d'emplois qui seront effectivement supprimés par le progrès technologique ».*

Beaucoup pensent que *« les choses sont différentes cette fois-ci »* en raison de la nature exponentielle et combinatoire de l'IA, de la robotique et des autres technologies émergentes. La crainte qu'un grand nombre d'emplois ne disparaisse trop rapidement est répandue parmi les universitaires comme Joseph Stiglitz et feu Stephen Hawking, ainsi que parmi l'élite de la *tech*, de Bill Gates et Elon Musk aux États-Unis, à Jack Ma et Kai-Fu Lee en Chine. L'idée d'un revenu de base inconditionnel (RBI) gagne en popularité y compris dans la Silicon Valley, à l'instar du pilote de Y Combinator à Oakland. Cependant, les détracteurs voient dans cette idée un *« lot de consolation pour ceux dont la vie a été ruinée, »*, ainsi qu'une légitimation des salaires précaires. D'autres comme l'investisseur et essayiste Nicolas Colin appelent à une refonte plus large des structures de protection collective et du système financier.

L'automatisation soulève une question cruciale : quelle sera la qualité des nouveaux emplois occupés par les humains ? Ce point est d'autant plus pertinent face à la stagnation du revenu médian aux États-Unis ces 30 dernières années, alors que la productivité du travail a beaucoup progressé. Le faible taux de chômage est un leurre selon Andrew McAfee, co-auteur de *The Second Machine Age* : les pertes d'emplois dans l'industrie ont en effet été compensés principalement par des emplois précaires dans les services. Certes, de nouvelles industries et de nouveaux emplois vont probablement émerger. Cependant, **rien ne dit que les travailleurs vulnérables en bénéficieront** — du moins pas sans une refonte de la protection sociale et un investissement massif dans ce que le WEF appelle *Reskilling Revolution* (révolution de la reconversion).

> *« La beauté de l'automatisation est qu'elle relève de l'éthique hacker : si vous résolvez un problème une fois, ne réinventez pas la roue ! L'automatisation peut être une force libératrice si elle réduit les risques et le travail rébarbatif. La vraie question est de savoir si la technologie qui implémente cette automatisation sera démocratique ou monopolistique. »*
>
> ***Audrey Tang,***
> *Ministre du numérique de Taiwan*

Selon certains économistes, peut-être avons nous trop investi dans la « mauvaise IA » avec l'automatisation. Dans un article de 2019, Daron Acemoglu (MIT) et Pascual Restrepo (Boston University) designent comme « bonne IA » celle qui *« restructure la production pour créer de nombreuses nouvelles tâches à productivité élevée pour les travailleurs ».* Par exemple, l'IA pourrait permettre aux infirmiers de fournir des traitements personnalisés, aux enseignants de donner des cours individualisés, et aux ouvriers de réaliser des opérations de haute précision, le tout à grande échelle. Les deux universitaires estiment toutefois que les forces du marché « ne donnent aucun signe permettant d'espérer un équilibre entre ces différents types d'IA, » du moins pas sans mesures proactives.

La bonne question n'est peut-être pas de savoir si l'IA et les robots vont remplacer nos emplois, mais qui possèdera les machines. Karl Marx aurait probablement apprécié de lire ceci dans la MIT Tech Review : « Lorsque les robots et l'IA remplaceront inévitablement de nombreux emplois, c'est celui qui détient le capital qui en profitera. » Cela donne à réfléchir, étant donné **le pouvoir déjà accumulé par les géants *tech*** aujourd'hui. Les GAFAM américains (Google, Amazon, Facebook, Apple, Microsoft) et les BAT chinois (Baidu, Alibaba, Tencent) ont chacun une capitalisation boursière supérieure au PIB de la plupart des pays. Amazon, Apple et Microsoft auraient même pu rejoindre le G20 s'ils étaient des pays, lorsqu'ils ont dépassé les 1 000 milliards de dollars. Le *business model* de ces géants inquiète en raison des problématiques de protection des données personnelles, d'optimisation fiscale aggressive, et de monopoles qui étouffent l'innovation.

Il sera difficile de contenir l'influence de ces géants. Aux États-Unis, certains candidats aux présidentielles de 2020 ont émis l'idée de casser la *Big Tech* en de plus petites entreprises, à l'instar des anciens monopoles ferroviaires et pétroliers. L'OCDE prépare une grande réforme fiscale mondiale imminente qui touchera l'économie numérique. L'UIT et plusieurs partenaires académiques ont proposé de bâtir des « communs de données » afin d'atténuer la domination de ces entreprises sur l'IA. D'autres enfin préconisent l'adoption de structures coopératives pour les plateformes numériques, dont les utilisateurs seraient les membres.

Stratégies d'atténuation

- Investissements publics et privés dans une IA qui améliore la productivité du travail humain
- Investissements publics et privés dans la formation continue, les programmes de reconversion et les nouveaux modèles de financement de l'éducation
- *Data science* pour estimer les impacts de la technologie sur les emplois d'une industrie ou d'une région (ex. Faethm)
- Nouveaux modèles de protection sociale (modernisation de l'État providence, nouvelles structures collectives, etc.)
- Réglementation des géants *tech* pour limiter les monopoles et assurer une fiscalité juste

Ressources

- Les travaux de l'OCDE sur l'avenir du travail et sur la fiscalité mondiale de l'économie numérique
- L'initiative du centenaire sur l'avenir du travail de l'OIT
- La System Initiative on work, education, and gender du WEF
- La MIT Initiative on the Digital Economy
- Le programme Workable Futures de l'IFTF
- Le mouvement Platform Cooperativism
- Le Rapport sur le développement dans le monde de la Banque mondiale
- Le consortium AI Commons, qui réunit universités, organisations internationales et de la société civile

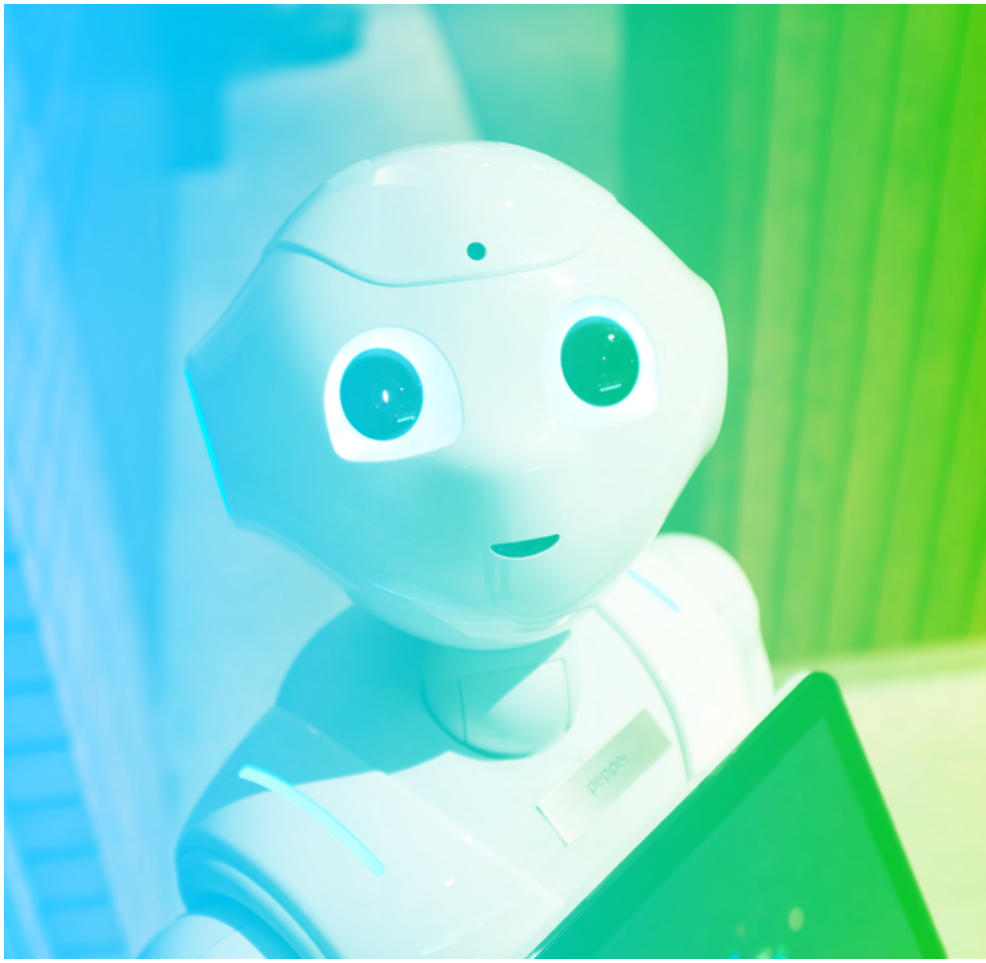


Photo: Alex Knight

Aggravation des inégalités

Au tournant du siècle, beaucoup voyaient dans le numérique la solution définitive pour réduire les inégalités. Aujourd'hui, les enjeux exposés dans ce chapitre illustrent une toute autre réalité. Comme Stephen Hawking l'a résumé dans son ultime post Reddit : *« Si les richesses produites par les machines sont partagées, nous pourrons tous jouir d'une vie faste et luxueuse. Mais si les propriétaires des machines parviennent à faire pression contre la redistribution des richesses, alors la plupart des gens risquent de devenir misérablement pauvres. »*

Pour l'instant, le progrès technologique semble accentuer les inégalités de richesses, à tous les niveaux. Dans la majorité des économies avancées, les travailleurs ont vu leur part du revenu national diminuer depuis le début des années 1990, tandis que l'essentiel des gains de productivité ont été concentrés au niveau du capital. Une étude du FMI de 2017 a révélé que l'automatisation et la technologie sont les principaux facteurs à l'origine de cet écart. Ces résultats font écho aux observations de Thomas Piketty dans son best-seller *Le Capital au XXIe siècle* : la richesse se concentre lorsque le rendement du capital est supérieur à la croissance économique. Enfin, la MIT Tech Review voit dans la Silicon Valley une illustration parfaite de l'écart de richesse indécent entre les milliardaires de la *tech* et les plus démunis.

Les inégalités engendrées par la technologie pourraient avoir une ampleur considérable. Dans un rapport de 2018, le McKinsey Global Institute prédit que l'IA aggraverait les écarts de richesse d'ici 2030, à trois niveaux : entre les entreprises pionnières et celles qui retardent l'adoption de l'IA, entre les économies développées et les pays en développement, et entre les travailleurs hautement et peu qualifiés.

> **Les sociétés humaines** du XXIe siècle pourraient devenir les **plus inégales de l'histoire.**
>
> ***YUVAL NOAH HARARI,*** *AUTEUR DE SAPIENS ET HOMO DEUS*

Dans un scénario dystopique, les écarts de richesses pourraient même scinder l'humanité en « castes. » Dans l'une de ses prévisions les plus sombres, Yuval Noah Harari évoque sa peur que *« pour la première fois dans l'histoire, les inégalités économiques se traduisent en inégalités biologiques, »* avec les progrès de l'IA et des biotechnologies. Ces « améliorations » du corps et de l'esprit prendraient la forme de lentilles de contact intelligentes, de « vitamines » augmentant les facultés intellectuelles, d'interfaces cerveau-ordinateur, de « bébés sur mesure » génétiquement édités, ou de traitements pour prolonger l'espérance de vie — certaines de ces techniques sont d'ailleurs déjà en développement. Au-delà des enjeux éthiques sur leur nature, ces interventions ne seront probablement accessibles qu'aux plus riches.

Pourtant, l'histoire montre qu'il est possible de résorber les plus fortes inégalités. Basé sur les principes de l'égalité des chances, d'une redistribution équitable et de la sécurité sociale, le modèle européen de l'État-providence est parvenu à contenir le niveau d'inégalités en-dessous de celui des États-Unis ces dernières décennies, malgré ses limites.. Ce modèle est apparu progressivement entre la fin du XIXe siècle et après la Seconde Guerre mondiale. **Alors que la technologie reconfigure l'économie, il est temps pour les sociétés du monde entier de définir un nouveau contrat social pour le XXIe siècle.**

Stratégies d'atténuation

- Investissements publics et privés pour lutter contre les causes racines des inégalités : éducation, changements climatiques, discrimination, règles économiques injustes
- Nouveaux modèles de protection sociale (modernisation de l'État providence, nouvelles structures collectives, etc.)
- Réglementation des géants *tech* pour limiter les monopoles et assurer une fiscalité juste

Ressources

- Le Equitable Futures Lab de l'IFTF
- Le programme Technology and Society de la Ford Foundation
- Les initiatives en faveur de l'éducation et de l'inclusion (voir ODD 5, 8, 10, ainsi que la section 4.2)
- La World Inequality Database et son laboratoire de recherche, co-présidé par Thomas Piketty.

Photo: Garry Knight

Impact des produits électroniques

De façon contre-intuitive, les technologies numériques ne sont pas vraiment immatérielles, et les technologies propres ne sont pas entièrement propres non plus. Toutes deux reposent sur des circuits imprimés, batteries, écrans, antennes, aimants, cellules photovoltaïques, et autres composants électroniques. La fabrication de ces derniers a coût social et environnemental loin d'être négligeable.

En amont, la production de composants électroniques se heurte à trois défis. Premièrement, un approvisionnement limité en métaux critiques, en regard de la demande croissante. L'American Chemical Society estime que 44 des 118 éléments du tableau périodique pourraient voir leurs réserves sous tension ce siècle. Ces éléments incluent des métaux rares comme l'argent, mais également des métaux abondants comme le cuivre, le zinc et le lithium. Quant aux 17 terres rares, elles existent en abondance dans la croûte terrestre, mais de façon dispersée : elles sont donc difficiles à extraire. Globalement, les réserves mondiales des métaux stratégiques sont concentrées dans quelques pays, ce qui rend les *supply chains* vulnérables aux chocs géopolitiques et environnementaux. La Chine, qui exploite 93 % des terres rares du monde, a par exemple déjà utilisé ce monopole de la production pour exercer une pression sur le Japon en 2010.

Deuxièmement, les activités minières et de raffinage ont un bilan environnemental déplorable. Citons notamment les impacts en termes d'érosion, de dégradation de la biodiversité, et de contamination du sol et de l'eau par les produits chimiques utilisés. Cette pollution peut affecter la santé des populations locales : à Baotou en Chine, plus grande réserve de terres rares du monde, les habitants présentent des taux élevés de cancers et d'autres maladies.

Troisièmement, l'exploitation minière dans les zones de conflit où se trouvent certains métaux est une catastrophe humanitaire. La RDC possède une richesse minérale estimée à plusieurs milliers de milliards de dollars, dont la plus grande réserve de tantale au monde, et d'abondantes réserves de cobalt, d'étain, de tungstène et d'or. Ces métaux, que l'on retrouve dans les smartphones, les batteries, les ampoules et bien d'autres appareils, ont été une malédiction pour le pays. Ils sont extraits dans de petites mines, souvent contrôlées illégalement par des groupes armés, qui terrorisent et exploitent les populations locales par le viol, l'esclavage et le travail des enfants.

« Il y a un besoin immense de nouveaux matériaux. La plupart des panneaux solaires ont une empreinte carbone mauvaise si on les analyse sur leur cycle de vie, et l'approvisionnement en métaux critiques sera sous tension avec la demande d'énergies renouvelables et d'appareils électroniques. Nous devons parvenir à une meilleure gestion des usages concurrents, à une recyclabilité intégrale, et continuer à investir dans les biotechnologies comme alternative à long terme. »

Chris Monaghan,
Cofondateur et directeur de l'innovation chez Metabolic

Photo: Fairphone

En aval, la situation n'est guère plus réjouissante. 45 millions de tonnes de déchets électriques et électroniques, ont été produites dans le monde en 2016 — un poids équivalent à 4 500 tours Eiffel — selon le *Global E-Waste Monitor* de l'Université des Nations Unies et de l'UIT. Ce nombre devrait atteindre 52 millions d'ici 2021.

Seuls 20 % de ces déchets sont recyclés correctement à l'échelle mondiale, malgré une valeur résiduelle estimée à 55 milliards d'euros, rien que pour les matériaux (or, argent, lithium, cuivre, zinc notamment). Même dans l'UE, où les taux de recyclage sont supérieurs à la moyenne, 5 % à peine des batteries lithium-ion sont recyclées. Ce type de batterie, présent dans la plupart des appareils électroniques et des véhicules électriques, n'est même pas entièrement recyclable, en raison des limites techniques et de l'absence de standards de fabrication.

Au-delà du seul gaspillage économique, ce problème des déchets électroniques a deux conséquences majeures. Premièrement, il accroît le besoin en nouveaux métaux en amont, renforçant les difficultés citées ci-dessus. Deuxièmement, **près d'un tiers des pièces non recyclées finissent dans les pays en développement**, selon les calcules du *Global E-Waste Monitor.* Les fuites de plomb, de mercure et de cadmium y ont des conséquences environnementales et sanitaires qui ont valu à cette pratique l'appellation de « colonialisme toxique ».

« Les technologies pour réutiliser les composants électroniques existent à Shenzhen. Mais pour qu'elles soient utilisées à grande échelle, il faut que les consommateurs du monde entier créent la demande. »

David Li,
Fondateur de SZOIL, Shenzhen Open Innovation Lab

L'explosion de la quantité de déchets électroniques est alimentée par l'obsolescence programmée. Beaucoup de produits ne sont ainsi pas conçus pour durer : systèmes tombant en panne après un certain nombre d'usages, matériaux de mauvaise qualité, conception rendant les réparations plus difficiles, introduction constante de nouveaux produits pour attiser le consumérisme… L'IEEE s'attend à ce que la situation empire encore avec « l'Internet des ordures » : des milliards d'appareils connectés irréparables et à faible durée de vie.

Beaucoup des solutions potentielles pour relever ce défi reposent sur l'économie circulaire : pratiques et *business models* durables qui prolongent la durée de vie des produits, conception modulaire, matériaux durables. L'innovation dans l'exploitation minière et le recyclage sont également indispensables, même s'il est encore difficile d'imaginer des processus entièrement durables.

Dans son rapport Lean ICT publié en 2018, The Shift Project estime que sur la trajectoire actuelle, **la part des émissions de CO2 liées au numérique va bondir de 4% aujourd'hui à 8% en 2025**. Le think-tank propose d'adopter une sobriété numérique pour contrer cette hausse, notamment en allongeant la durée de vie des équipements et en réduisant les usages énergivores superflus comme le streaming en HD.

Stratégies d'atténuation

- Sobriété numérique (cf. ci-dessus)
- Design produit et *business models* qui maximisent la durée de vie, la réparabilité et l'évolutivité des appareils
- Approvisionnement durable en métaux critiques, éventuellement avec l'aide de nouveaux outils (ex. certification du cobal avec une *blockchain*, IA pour détecter des gisements alternatifs)
- Innovation dans les matériaux durables, tels que les nouveaux alliages et les matériaux biofabriqués
- Innovation dans les technologies propres pour l'extraction minière et le recyclage des métaux
- Réglementations sur l'approvisionnement en métaux, l'obsolescence programmée, la réparabilité et le recyclage.

Ressources

- Le rapport Lean ICT, pour une sobriété numérique du Shift Project
- Les travaux de la Fondation Ellen MacArthur sur la circularité des appareils électroniques
- La communauté Thingscon pour un Internet des objets équitable et responsable
- Les travaux de l'OCDE sur les chaînes d'approvisionnement responsables en minerais
- Les alliances telles que la Responsible Minerals Initiative et la Responsible Cobalt Initiative pilotée par la Chine

Sécurité et sûreté

Quelle que soit leur origine, nombre de technologies sont à double usage, avec des applications pacifiques et militaires. Le danger augmente lorsque ces technologies deviennent à la fois plus puissantes et plus accessibles.

Les progrès rapides dans l'IA, les véhicules autonomes, les drones et l'Internet des objets *(IoT)* viennent amplifier les risques de cybersécurité. Dans le rapport *Malicious Uses of AI* publié en 2018, un consortium d'institutions académiques identifie trois catégories de menaces augmentées par l'IA : politiques, numériques et physiques. Les **risques politiques** ont trait à la surveillance et à la manipulation des médias, abordées plus haut. Les **risques numériques** comprennent des cyberattaques plus redoutables, de nouvelles façons d'exploiter les vulnérabilités humaines (ex. usurpation d'identité automatisée), ainsi que l'exploitation de failles des systèmes d'IA.

Les **risques physiques** comprennent l'utilisation de drones et de véhicules autonomes pour acheminer des explosifs. Avec l'IA, ce type de menaces pourrait prendre des proportions inouïes. Par exemple, des milliers de micro-drones équipés d'explosifs pourraient cibler des victimes avec la reconnaissance faciale : un scénario cauchemardesque évoqué par les ONG militant pour une interdiction des armes autonomes. Enfin, les experts en sécurité s'inquiètent de potentielles cyberattaques contre des infrastructures critiques, à l'instar du virus Stuxnet qui paralysa les centrales nucléaires iraniennes en 2010, ou d'attaques plus récentes en Ukraine. Certains appellent même les gouvernements à ralentir l'innovation dans l'*IoT* et à forcer les entreprises à traiter les enjeux de sécurité comme priorité première.

Le scénario « apocalypse des robots, » dans lequel des machines ultra-intelligentes domineraient l'humanité, a fait la une de nombreux médias. Bien que cette éventualité semble lointaine, plusieurs acteurs se mobilisent pour l'empêcher d'advenir. Citons notamment le Center For Human-Compatible AI de UC Berkeley, le Centre Leverhulme pour le futur de l'intelligence, ou encore OpenAI. La recherche interdisciplinaire

Photo: Pixabay

pourrait permettre de mieux comprendre le comportement des machines et ainsi prévenir un scénario catastrophe. À plus court terme, c'est la course aux armements pour l'IA militaire et ses conséquences géopolitiques imprévisibles qui devrait nous inquiéter.

Outre les cybermenaces, il est impératif de prendre en compte les dangers nouveaux introduits par les technologies émergentes. Malgré son immense potentiel dans les secteurs médical et environnemental, la biologie de synthèse pourrait accroître la probabilité qu'un agent pathogène génétiquement amélioré soit relâché dans la nature. Le Département de la défense des États-Unis a examiné plusieurs scénarios, dont la reproduction en laboratoire de virus mortels, ou la modification génétique de microbes courants afin que ces derniers produisent des toxines mortelles. Une autre préoccupation concerne les effets secondaires potentiels du forçage génétique : une application de la CRISPR visant à répandre des modifications génétiques à l'ensemble d'une espèce, afin de prévenir une maladie (ODD 3).

Enfin, face à l'aggravation des changements climatiques, certaines approches controversées de géo-ingénierie pourrait être envisagées par certains acteurs. En particulier, la **gestion du rayonnement solaire** (SRM, *Solar Radiation Management*) viserait à réfléchir les rayons du soleil dans l'espace. Un moyen simple d'y parvenir serait d'injecter des aérosols de sulfate dans la stratosphère, causant un assombrissement planétaire similaire à celui observé après une éruption volcanique.

> Il est capital de distringuer les risques qui peuvent être résolument écartés comme relevant de la science-fiction, et ceux pourraient vraiment se concrétiser.

MARTIN REES, *ASTRONOME ROYAL BRITANNIQUE ET COFONDATEUR DU CAMBRIDGE CENTRE FOR THE STUDY OF EXISTENTIAL RISK*

Bien que le SRM ne s'attaque pas aux causes racines du réchauffement climatique, certains y voir une « assurance catastrophe » permettant d'éviter une trop forte hausses de température, et de gagner du temps supplémentaire pour décarboner l'économie. Cependant, nous savons assez peu de choses sur les risques associés, lesquels pourraient se traduire par une déstabilisation climatique irréversible et catastrophique, ainsi que le besoin de réinjecter constamment des aérosols. Par ailleurs, le coût relativement faible de cette approche permettrait à un pays, ou un individu fortuné, de la déployer unilatéralement.

L'atténuation de ces menaces requiert donc une prise de conscience générale au sein des communautés *tech* et scientifique, ainsi que côté des gouvernments. Les experts en sécurité et certaines publications comme le *Global Risks Report* du WEF fournissent des analyses précieuses sur les risques à court terme. Cependant, les **risques catastrophiques planétaires** sont pratiquement absent du débat public et du milieu académique. Seules quelques institutions se penchent sur ces questions, à l'instar du Future of Humanity Institute de l'Université d'Oxford, le Centre For The Study of Existential Risk de l'Université de Cambridge et la Global Challenges Foundation.

Stratégies d'atténuation

- Eenforcement de l'importance accordée à la sécurité dans le développement technologique
- Eecherche interdisciplinaire sur les risques à court terme et les risques existentiels
- Réglementation internationale pour limiter les risques critiques
- Msures pour une gouvernance mondiale (voir 4.2)

Ressources

- La Global Challenges Foundation
- Le Centre for The Study of Existential Risk de l'Université de Cambridge
- Le Future of Humanity Institute de l'Université d'Oxford
- Le Future of Life Institute
- Le Bulletin of the Atomic Scientists
- Le Center for Human-Compatible AI
- Le Leverhulme Centre for the Future of Intelligence
- Le Center for Long-Term Cybersecurity de l'UC Berkeley
- La Déclaration de Montréal pour une IA responsable
- La Campaign to Stop Killer Robots
- La ICT for Peace Foundation

4.2 Causes Racines

Photo: NESA by Makers

Les risques et enjeux présentés dans la section précédente ont des origines et des réponses propres. Néanmoins, ils partagent certaines causes racines : le manque de diversité dans la technologie et la science, le solutionnisme technologique, les incitations économiques générant des effets pervers, et une gouvernance des technologies inadaptée à leur accélération. Nous ne pouvons attendre qu'une génération future s'attaque à ces problèmes structurels, mais la tâche sera ardue. Ces blocages découlent en effet de normes économiques, sociales et culturelles profondément ancrées.

Le manque de diversité

Le manque de diversité dans la *tech* a été largement pointé du doigt ces dernières années. Il se manifeste de multiples façons, depuis les cas de harcèlement sexuel jusqu'à la très faible proportion de capital-risque investi dans les startups fondées par des femmes (15 %) ou des personnes de couleur (1 %).

Sans intervention, la sous-représentation chronique des femmes et des minorités dans la *tech* peut installer une culture toxique en entreprise, menant à des abus, injustices, et même à la conception de produits dangereux. Les premiers modèles d'airbags causaient par exemple des blessures graves chez les femmes, parfois même la mort, car les équipes de conception entièrement masculines n'avaient pas pris en compte les personnes de plus petite taille.

Les algorithmes peuvent donner à ce problème des proportions gigantesques, comme évoqué dans la section précédente. Dans la présentation du programme Decolonising AI, le Leverhulme Centre for the Future of Intelligence résume : *« Le manque systémique de diversité parmi les concepteurs d'IA, combiné aux injustices structurelles dans la société, ont des répercussions sur la technologie elle-même, qui perpétue à son tour ces injustices. »* En 2016, seules six personnes noires sur 8500 participaient à la plus grande conférence mondiale sur l'IA (NIPS), selon la fondatrice de Black In AI, Timnit Gebru. Un tel manque de diversité risque de perpétuer des biais, tant dans la conception des algorithmes que dans le choix des jeux de données utilisés pour les améliorer. Les systèmes de reconnaissance faciale ont ainsi du mal à identifier les femmes noires si l'IA a été entraînée surtout avec des visages blancs.

Le manque de diversité est un problème d'autant plus épineux qu'il s'auto-entretient. Ainsi plusieurs raisons expliquent les taux de départs élevés des femmes et des minorités dans la *tech* : des préjugés inconscients omniprésents (dans le recrutement, les évaluations, le *fundraising*) et une culture d'entreprise peu accueillante. Enfin, le manque de *role models* dans des postes à responsabilités (CEO ou *Partner* d'un fonds de VC) peut décourager les personnes sous-représentées à poursuivre des carrières perçues comme inatteignables.

« Les effets de réseau dans les communautés entrepreneuriales sont puissants, mais peuvent défavoriser les femmes et les minorités. La plupart des réseaux attirent des profils similaires à ceux de départ, ce qui tend à alimenter la sous-représentation de certains segments de population. »

Lili Torok,
Directrice de projet chez Endeavor Insight

Les efforts visant à renforcer la diversité dans la *tech* et les sciences doivent prendre en compte toutes les données du problèmes. Ainsi, le simple fait de recruter des femmes et des personnes de couleur ne suffit pas si celles-ci sont issues de milieux privilégiés. Il est également crucial de résorber la fracture numérique avec les populations défavorisées, en termes d'accès à Internet mais aussi de formation au numérique. Selon la Web Foundation les femmes pauvres des pays en développement sont 50 % moins nombreuses que les hommes à accéder à Internet, et une fois en ligne, 30 % à 50 % moins susceptibles de l'utiliser pour leur émancipation économique et sociale.

De nombreux acteurs *tech* ont commencé à réagir à ce problème, et les actions pro-diversité fleurissent dans au moins cinq catégories. Premièrement, **l'éducation et le mentorat** de talents sous-représentés, à l'instar des programmes présentés dans les ODD 4, 5, 10, ainsi que AI4ALL avec les grandes universités américaines. Deuxièmement, les **outils de recrutement impartial**, tels que ceux présentés dans l'ODD 8. Troisièmement, les **fonds de *VC* pro-diversité** pratiquant la discrimination positive comme thèse d'investissement, à l'instar de Backstage Capital dont la fondatrice a fait la une des médias. Quatrièmement, les **groupes de pression** visant à transformer l'écosystème, comme AllRaise (USA), Sista (France), et DiversityVC (UK), lequel a publié avec Atomico un manuel pro-diversité destiné aux entrepreneurs. Enfin cinquièmement, les **programmes de recherche** comme le Gendered Innovations Lab de Stanford, qui développe des méthodes pour intégrer les questions de genre dans les sciences et l'ingénierie, et en démontrer l'impact positif sur l'innovation.

La technologie est la réponse.
Mais quelle était la question ?

Cedric Price,
Architecte.

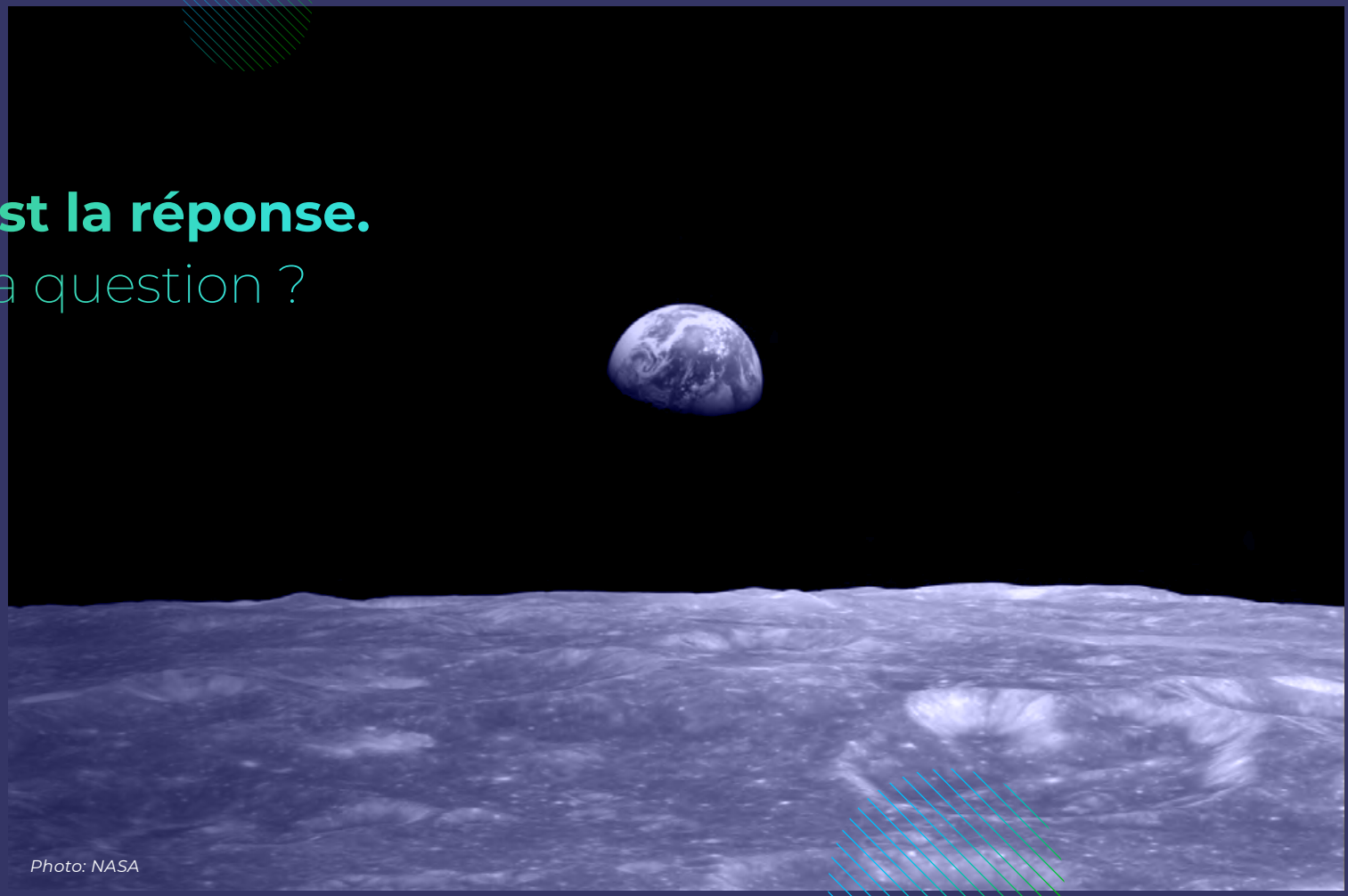


Photo: NASA

Le Solutionnisme Comme Idéologie

Le solutionnisme technologique est l'idée selon laquelle la technologie pourrait résoudre tous nos problèmes, et qu'il suffit de la bonne ligne de code. Vertement critiquée par l'écrivain Evgeny Morozov dans *Pour tout résoudre, cliquez ici*, cette idéologie, souvent associée à la Silicon Valley, repose sur une vision réductionniste du monde et l'absence de pensée systémique. Les solutionnistes tendent à négliger les interdépendances entre les variables du problème, les différents leviers de changement à prioriser, la différence entre les symptômes et les causes profondes, et la possibilité d'effets secondaires.

« Les ingénieurs et chercheurs en IA n'ont pas toujours la formation ou les incitations nécessaires pour réfléchir aux impacts de leurs créations. Développer une vision systémique des choses demande du temps et de l'expérience, qui ne peuvent être acquis qu'en travaillant en étroite collaboration avec des experts du problème en question. »

Julien Cornebise,
Directeur de la recherche, Chef du bureau de Londres chez Element AI

Ces simplifications excessives résultent d'une compréhension partielle du problème et du contexte dans lequel il s'inscrit — ou d'un manque de volonté de prendre en compte l'ensemble des paramètres. Plusieurs illustrations figurent dans ces pages, à l'instar de la solution de séchage de poisson (Chapitre 2.3), des *blockchains* pour l'inclusion financière (ODD 1), des biocarburants de première génération (ODD 7 et 13), ou des fermes verticales *high-tech* en intérieur, lorsque celles-ci sont présentées comme la solution à l'approvisionnement durable des villes (ODD 11). Nombre de projets de *smart city* font le postulat que les citoyens bénéficieront des technologies déployées, alors qu'ils n'en tirent souvent aucun intérêt, sauf à être consultés dès le départ.

Il est possible de pallier au manque de connaissances du problème avec une approche interdisciplinaire, et en sollicitant des points de vue diversifiés. Ces derniers peuvent venir des équipes de conception, de partenaires du projet, de l'implication des utilisateurs et communautés concernées. Comme l'écrivent Benjamin Kumpf, anciennement en charge des programmes d'innovation du PNUD, et Geoff Mulgan, Directeur de Nesta : *« Trop souvent, l'innovation [est] assimilée à des gadgets technologiques importés et à une vision héroïque de l'entrepreneur typique de la Silicon Valley. Pourtant, beaucoup des idées les plus pertinentes sont issues des communautés locales. »*

Si l'innovation technologique peut faire bouger les lignes dans bien des domaines, elle n'est pas toujours la meilleure réponse. Les innovations de service, de *business models*, de chaînes d'approvisionnement et de distribution peuvent mener à des résultats parfois plus probants, de même qu'une démocratisations des technologies déjà existantes. Enfin, les leviers du politique et des changements de comportements ont un rôle aussi capital à jouer que la technologie dans la résolution des défis planétaires, tels que la crise climatique. Ainsi, il est peu probable que la viande cellulaire à elle seule réduise suffisamment les émissions de GES de l'élevage. Il faudra également faire évoluer les régimes alimentaires vers une alimentation riche en plantes, et la question d'une taxe sur la viande rouge devra être posée.

« Je suis sceptique à l'égard des technologies présentées comme la solution à tous les problèmes. Ce n'est pas une série d'innovations technologiques qui nous sauvera. Nous devrions consacrer plus d'énergie aux "communs," et démocratiser l'accès et le contrôle des technologies numériques. »

Nathaniel Calhoun,
Cofondateur de Code Innovation, Vice-Président des Global Grand Challenges de la Singularity University

Les Incitations Économiques Perverses

« Scientia potentia est » disait Francis Bacon : la connaissance c'est le pouvoir. La technologie (l'usage pratique de connaissances scientifiques) s'inscrit aujourd'hui dans des structures économiques et financières régies par des dynamiques de pouvoir qui ne tendent pas à maximiser les bénéfices pour l'ensemble de la société.

Il faut d'abord rappeler qu'une part non négligeable du financement de la recherche provient de budgets militaires. Fondée en 1958 pendant la guerre froide, la DARPA américaine (Defense Advanced Research Projects Agency) en est l'exemple typique. A l'origine du GPS et des fondements d'Internet, cette agence investit massivement dans l'IA, la robotique et l'édition génomique. Il y a des raisons de s'inquiéter de la façon dont les acteurs de la défense investissent dans les technologies émergentes, ainsi que des liens des géants *tech* et du milieu académique avec le secteur. L'histoire nous a montré que les inventions les plus révolutionnaires (drones, avions, énergie nucléaire) peuvent devenir des instruments de guerre et de domination.

Durant la majeure partie du XXe siècle, la R&D militaire et celle des grands groupes constituaient les principales sources d'investissement dans la technologie. Mais dans les années 1970, le secteur émergent de l'informatique personnelle a popularisé un modèle jusqu'alors relativement confidentiel : le capital-risque (VC pour *Venture Capital*). Aujourd'hui la principale source de financement des startups, le VC a joué un rôle déterminant dans la révolution numérique.

Toutefois et malgré son succès, le modèle du VC est de plus en plus questionné, notamment l'hypercroissance dont il dépend, qui ne convient pas à la plupart des entreprises. Ainsi, pour chaque licorne (entreprise valorisée plus d'un milliard), un nombre immense de startups financées en capital-risque échouent, payant le prix d'une croissance trop rapide, alors qu'il aurait pu en être autrement. Ce système du *« winner-takes-all, »* dans lequel une poignée d'acteurs récoltent tous les bénéfices, est foncièrement injuste pour les entrepreneurs qui n'ont pas droit à l'erreur, notamment ceux issus de milieux défavorisés. Par ailleurs, en cédant une part importante du capital, il n'est pas rare que les fondateurs perdent le contrôle de leur entreprise et ne touchent qu'une toute petite partie des éventuels gains en capitaux. Ainsi, la majorité des retours financiers est concentrée dans les mains d'acteurs déjà fortunés (comme évoqué dans l'ODD 10).

« C'est dans le rapport à l'exit [la sortie du capital] qu'on voit un grand décalage entre les fondateurs de startups et les entrepreneurs sociaux. Ces derniers préférent généralement ne pas revendre. »

Avary Kent,
Directrice de Conveners.org

La quête de l'hypercroissance peut générer des incitations allant à l'encontre des valeurs de l'Impact Tech. Premièrement, à moins que l'impact soit 100% lié au *business model*, la « croissance à tout prix » peut induire des externalités négatives pour la société. Deuxièmement, les entreprises financées en capital-risque deviennent des actifs spéculatifs, dont la valorisation est finalement peu corrélée à la réussite commerciale, et encore moins à l'impact sociétal. Troisièmement, la « chasse à la licorne » tend à amener trop de talents à s'attaquer à des problèmes futiles, ou à maximiser le nombre de clics sur des publicités. Village Capital souligne ainsi qu'aux États-Unis *« seules 15 % des " licornes " offrent des solutions à des problèmes liés à l'alimentation, la santé, l'énergie, l'agriculture, les services financiers et le logement. »*

« Il y a beaucoup trop d'énergie et de ressources intellectuelles investies dans des innovations répondant à des non-problèmes comme la surveillance à distance de son animal domestique, ou pire, dans des produits qui paraissent inoffensifs, mais mettent en danger la planète et notre santé si des millions de personnes les utilisent. »

Owen Gaffney,
auteur principal de Exponential Roadmap, Directeur Stratégie au Stockholm Resilience Centre

Si beaucoup d'investisseurs privés aiment à penser qu'ils prennent tous les risques dans l'innovation technologique, la réalité est beaucoup plus nuancée. Dans *The Entrepreneurial State*, l'économiste Mariana Mazzucato explique comment le succès des entreprises *tech* repose en grande partie sur les produits de la recherche publique — Internet et le GPS bien sûr, mais aussi les écrans tactiles, les semiconducteurs, la reconnaissance vocale, et même Siri ou l'algorithme de recherche de Google. Dans *Doing Capitalism In The Innovation Economy*, le pionnier du capital-risque William Janeway défend un point de vue similaire : le modèle VC fonctionne principalement dans des secteurs où l'investissement public a préalablement réduit les risques. Cet enseignement nous invite à repenser la façon dont les retombées économiques peuvent être mieux partagées entre secteurs privé et public. Aninsi, ce dernier gagnerait en capacité à réinvestir dans les sciences et technologies au service du bien commun.

De manière générale, les sources de financement les plus courantes dans la science et la *tech* ont plusieurs angles morts. Citons les startups de Impact Tech pour lesquels le profit n'est pas l'unique indicateur de réussite, les startups *deeptech* (à base scientifique) qui nécessitent de longues années de R&D avant de commercialiser un produit, et la grande majorité d'entreprises dont le modèle n'est pas adapté à l'hypercroissance. Nous examinerons ces cas de figure en détails dans nos prochaines publications, ainsi que certaines des réponses — de l'impact investing aux structures de fonds alternatives, en passant par le rôle de la philanthropie « catalytique ».

Photo: Joseph Barrientos

Une Gouvernance Technologique Défaillante

Nous terminerons ce chapitre sur une question fondamentale : comment orienter le progrès technologique pour maximiser les bénéfices sociétaux et minimiser les effets néfastes ? Si la gestion d'impact (Chapitre 5) apporte une réponse à l'échelle d'un projet, le sujet est nettement plus complexe à l'echelle de la société. Posons-nous la question suivante : quelle serait le mode de gouvernance des sciences et des technologies le plus adapté aux enjeux du XXIe siècle ?

Cette gouvernance doit impliquer la puissance publique, le milieu académique, le secteur privé, et la société civile. Elle doit remplir trois fonctions : permettre, protéger, choisir. Premièrement, cette gouvernance doit nous **permettre d'innover** pour le bénéfice de l'humanité, en tirant parti du progrès scientifique et technologique. Deuxièmement, elle doit **protéger la société** contre les nouveaux risques (voir 4.1). Troisièmement, elle doit faciliter les **choix collectifs** face aux débats éthiques induits par les technologies émergentes.

Les deux premiers objectifs concernent en général des technologies dont les bénéfices et les dangers sont faciles à identifier (ex. énergies propres et robots tueurs), même si certains cas complexes (ex. nucléaire et OGM) font l'objet de perceptions divergentes entre les chercheurs et certaines partie de la société civile. **Le troisième objectif porte en revanche sur les sujets à controverse**, dans lesquels les valeurs s'opposent et où les compromis sont nécessaires : génie génétique, biologie de synthèse, intelligence artificielle, etc. Alors que les humains artificiellement améliorés et les systèmes autonomes pourraient bientôt devenir réalité, devons-nous aspirer à un progrès toujours plus fulgurant ? Adopter un principe de précaution pour modérer la cadence ? Interdire certaines choses pour des raisons morales ? Ces questions touchent à des sujets politiques et philosophiques complexes, y compris sur la nature humaine.

« La plupart des choses qui ont inquiété l'opinion publique à un moment donné, comme les chemins de fer, la réfrigération ou la fécondation in vitro, étaient perçus comme inacceptables pendant une très courte période, habituellement quand la technique n'était pas encore au point. C'est facile de s'opposer à quelque chose qui ne fonctionne pas encore. Mais dès que cela fonctionne et que cela s'avère sûr et efficace, il est difficile de résister. »

George Church,
Professeur à Harvard et au MIT, initiateur du Projet du génome humain, père de la biologie de synthèse

De facto, la gouvernance des technologies repose surtout sur les acteurs industriels et académiques, ce qui ne suffit pas. Yoshua Bengio, un des pères du *deep learning*, a présenté en 2018 une charte pour une éthique de l'IA : la Déclaration de Montréal, co-créé par des chercheurs en IA, en sciences humaines et sociales, et des citoyens. Il souligne toutefois le besoin de régulation dans un entretien avec la revue Nature : *« L'autorégulation ne marchera pas. Pensez-vous que la fiscalité volontaire fonctionnerait ? Non bien sûr. Les entreprises suivant des directives éthiques seraient désavantagées. »* Ce dur rappel à la réalité porte à réfléchir sur les limites d'initiatives comme le Partenariat sur l'IA, les Principes d'Asilomar sur l'IA, et OpenAI.

Ces deux dernières années ont vu se produire plusieurs échecs notoires en matière d'autorégulation : l'implication de Facebook dans des scandales à répétition, la dissolution du comité éthique sur l'IA de Google après une semaine d'existence, la fraude de Theranos, ou encore la naissance des « bébés CRISPR » en Chine. Dans ce dernier exemple, un chercheur renégat a modifié des embryons de jumelles pour les rendre résistantes au VIH, et peut-être améliorer leur cerveau. Des scientifiques américains semblent aussi avoir été impliqués dans le processus. Alors que beaucoup ont appelé à un moratoire international sur l'édition des cellules germinales, le comité de rédaction de la revue Nature doute de son application, faute de cadre juridique adéquat.

Photo: NASA

Ces sujets requièrent un mode de régulation intelligent, et des politiques adaptées. Beaucoup peut être fait au niveau local, national et régional : les municipalités peuvent exiger que les véhicules autonomes soient électriques et partagés, le Rwanda a ouvert des couloirs aériens pour la livraison de fournitures médicales par drone, et l'UE a renforcé les règles sur la protection des données. Toutefois, de nombreux cas de figure ne sont couverts par aucune juridiction. Mark Zuckerberg peut ainsi refuser de témoigner devant les parlements de neuf pays au sujet de l'impact de Facebook sur la démocratie, et un chercheurs rebelle pourra toujours déplacer une expérience controversée là où elle sont autorisée. Même la Chine, qui a l'ambition de devenir la superpuissance de l'IA d'ici 2030, préconise une coopération internationale *« pour faire face aux conséquences à double tranchant des nouvelles technologies »*.

Lors de la création de l'ONU en 1945, l'humanité venait d'inventer une technologie capable de la mener à sa perte : la bombe atomique. Ce constat renforça la coopération mondiale en faveur de la paix et de la sécurité. Les Nations Unies ont récemment initié plusieurs projets multi-acteurs afin de promouvoir une utilisation éthique des technologies, et orientée vers la réalisation des ODD. Citons le Mécanisme de facilitation technologique, le programme AI For Good de l'UIT et les laboratoires d'innovation des agences onusiennes (Chapitre 2.4).

Pourtant, malgré de nombreux succès, ces institutions n'ont pour l'instant pas pu résoudre certains défis planétaires comme le réchauffement climatique ou la militarisation de l'espace. Les armes létales autonomes (robots tueurs) font actuellement l'objet d'intenses campagnes visant leur interdiction, avec un large soutien de l'opinion et l'engagement de plusieurs leaders l'IA à ne pas développer ces systèmes. Pourtant, les tentatives pour bannir ces armes dans le cadre de la Convention de l'ONU sur les armes conventionnelles ont échoué jusqu'à présent. L'Australie, Israël, la Russie, la Corée du Sud et les États-Unis ont bloqué les négociations, tandis que la Chine et la Grande-Bretagne ont démarré la production de telles armes.

> Dans la vie, rien n'est à craindre,
> **tout est à comprendre.**
> Il est temps de comprendre davantage,
> pour **avoir moins peur.**

MARIE CURIE, *DOUBLE PRIX NOBEL DE PHYSIQUE ET DE CHIMIE*

Une réforme des institutions internationales s'impose. Comme le résume la Global Challenges Foundation, dont le travail porte sur les risques catastrophiques et la gouvernance mondiale : *« Les défis mondiaux nécessitent des solutions mondiales — mais les structures mêmes qui pourraient apporter ces solutions sont celles actuellement bloquées dans la pire des impasses. »* L'ONG suédoise facilite depuis 2016 le New Shape Process, qui soutient les propositions de réforme des Nations Unies, ainsi que des structures mondiales plus efficaces.

Même réformée pour les besoins du XXIe siècle, une gouvernance mondiale des technologies aurait encore des obstacles conséquents à surmonter. Outre les conflits d'intérêts pouvant entraver la coopération, ainsi que le fossé entre le rythme du progrès technologique et celui de la décision politique, il faudrait également prendre en compte l'influence des cultures locales sur certains choix éthiques. L'expérience Machine Morale menée par MIT en est une illustration. Celle-ci a demandé aux internautes du monde entier de juger quelles personnes un véhicule autonome devrait sauver en cas d'accident mortel. Les résultats sont fortement corrélés avec les origines culturelles des répondants. Ainsi, *« les participants issus de cultures collectivistes comme la Chine et le Japon ont tendance à épargner les personnes âgées plutôt que les jeunes — peut-être [car] le respect des aînés est davantage ancré dans ces cultures. »*

Enfin, toute structure mondiale de régulation des technologies devrait fonctionner en synergie avec les échelons locaux — notamment par un dialogue renouvelé avec la société civile. Les gouvernements peuvent par exemple procéder à des consultations citoyennes, à l'instar des « États généraux de la bioéthique » tous les cinq ans en France. Un article de SSIR publié par plusieurs philanthropes réclame une culture de la science civique qui *« ne viserait pas seulement un dialogue entre les scientifiques et le grand public, [ou] une participation citoyenne maximale dans la régulation, [mais aussi] un dialogue constant entre sciences et société, y compris les associations de patients et autres parties prenantes concernées »*. De nombreuses organisations peuvent faciliter ce dialogue, à l'instar des centres interdisciplinaires comme l'institut AI Now à NYU, ou les laboratoires citoyens comme Public Lab (UK), La Paillasse (France) et GenSpace (USA).

Pour réaliser le *moonshot* planétaire — restaurer le climat et les écosystèmes en apportant le progrès pour tous — le plus grand obstacle n'est pas de nature technique, mais humaine. Plus que jamais, nous avons besoin d'une gouvernance technologique moderne, reposant sur des cadres internationaux renouvelés et un dialogue local avec les citoyens. Ceci afin de **permettre** les bénéfices sociétaux du progrès technologique, **protéger** la société des risques, et **choisir ensemble** dans quel futur nous voulons vivre.

5 LA GESTION D'IMPACT

5.1. Une nouvelle Boussole

5.2. Stratégie d'Impact

5.3. Mesure d'Impact

5.4. Reporting d'Impact

5.5. L'Avenir Des Données d'Impact

CLICK IT!

L'Impact Tech a un rôle à jouer dans la résolution des grands défis mondiaux. Toutefois, son succès sera conditionné à notre capacité à maximiser les effets positifs de la technologie, tout en atténuant les effets néfastes. Pour cela, nous devons doter les innovateurs d'une boîte à outils adaptée : la gestion d'impact (dont la mesure d'impact).

La gestion d'impact est complexe, mais il en va de même pour la gestion financière. Pourtant, chacun reconnaît le caractère indispensable de cette dernière pour piloter la performance d'une organisation, communiquer avec les investisseurs, ou encore planifier l'avenir. La gestion d'impact doit atteindre le même statut.

Ce chapitre donne un aperçu des méthodes et outils, ainsi que plusieurs propositions pour les utiliser dans le domaine scientifique et technologique.

5.1 Une nouvelle Boussole

Photo: Valentin Antonucci

Bien que les entrepreneurs sociaux, les investisseurs à impact et les agences de développement soient à l'aise avec la gestion d'impact, les acteurs de l'Impact Tech méconaissent souvent ces méthodes, ne les comprennent pas ou sont réticents à les utiliser.

Pourquoi gérer son impact ?

La gestion d'impact consiste à identifier et mesurer, de manière régulière, les impacts sociaux et environnementaux d'une organisation. L'objectif est de favoriser une amélioration continue, pour maximiser les effets positifs et minimiser les effets négatifs.

Même avec les meilleures intentions, un projet peut aboutir à des résultats très différents de ce qui était attendu. Par exemple, les producteurs de biocarburants de première génération tendent à négliger les émissions de CO2 indirectes issues de la déforestation, ainsi que les impacts sur les prix des cultures, la biodiversité et la consommation d'eau. De la même manière, certaines startups *EdTech* permettent aux élèves de réussir leurs examens, mais ne les forment pas à la pensée critique.

« Plus que jamais, nous devons mettre en lumière les technologies qui permettent de faire le moins de mal et le plus de bien, pour la planète et les personnes qui en ont le plus besoin. »

Amanda Feldman,
Co-fondatrice et ex-directrice d'Impact Management Project

Impact Management Project (IMP) fournit un ensemble d'approches pour prendre en compte les effets d'une organisation sur les personnes et la planète. L'organisation a réunit un réseau de plus de 2000 entreprises, investisseurs et autres acteurs (finance, entrepreneuriat social, développement international, sciences sociales, secteur public) pour arriver à une définition commune de ce qu'est « l'impact ».

Grâce à ses efforts pour établir un consensus international sur la manière de présenter, mesurer et gérer l'impact, IMP est parvenu à déconstruire cette notion en cinq dimensions :

- **Quoi:** à quels effets l'entreprise contribue-t-elle, et quelle est l'importance de ces effets pour les parties prenantes
- **Qui:** quelles sont les parties prenantes qui ressentent les effets, et à quel point étaient-elles négligées avant l'intervention de l'entreprise
- **Combien:** combien de personnes ressentent les effets parmi les parties prenantes, avec quel degré de changement et pour quelle durée
- **Contribution:** les efforts de l'entreprise ou de l'investisseur ont-ils mené à des résultats meilleurs que ce qui serait advenu indépendemment
- **Risque:** la probabilité que l'impact soit différent de celui escompté

Source: Impact Management Project

Photo: Lindsay Henwood

La gestion d'impact comme processus itératif

Une fausse idée reçue est de penser la gestion d'impact comme un processus figé. Pourtant, une approche itérative est préférable : en commençant avec des outils simples, puis en augmentant le niveau de sophistication à mesure que l'organisation grandit. Un rapport de Harvard de 2015 préconise d'ailleurs aux entreprises et leurs investisseurs de mesurer l'impact selon leur capacité et leur stade de développement.

Le fonds d'impact britannique Nesta Investments emploie ce type d'approche itérative avec les entreprises Impact Tech de son portefeuille. Au début, une Théorie du Changement (voir 5.2) suffit, puis arrivent les KPI (indicateurs, ou *Key Performance Indicators*) à mesure que l'entreprise croît. A terme, les méthodes expérimentales (voir 5.3) permettent de préciser la dimension "Contribution" d'IMP.

« Tenter de mesurer trop de choses trop tôt, c'est risquer de perdre du temps et des ressources. Lorsque nous envisageons un investissement, nous regardons sa Théorie du changement. Puis, si nous investissons, nous établissons un plan avec l'entrepreneur pour améliorer sa mesure au fil du temps, et nous l'examinons tous les six mois. »

Manish Miglani,
Directeur d'investissement chez Nesta Investments

La gestion d'impact appliquée à la *tech* et la science

La gestion d'impact est particulièrement difficile dans le contexte de l'entrepreneuriat scientifique et technologique : c'est un message que nous avons entendu à maintes reprises au cours de nos interviews. Si les innovateurs et investisseurs Impact Tech reconnaissent en général la valeur des méthodes existantes (voir 5.2 et 5.3), ils mentionnent souvent deux contraintes majeures.

Premièrement, les méthodes de gestion d'impact prennent beaucoup de temps et sont compliquées à utiliser pour les entrepreneurs *tech*. Ces derniers ont souvent des ressources limitées et sont davantage habitués à l'approche *Lean Startup*.

Deuxièmement, beaucoup de ces outils n'ont pas été conçus dans un contexte d'innovation, mais pour comparer des produits et activités bien définis. Comme le souligne La Fing dans un rapport de 2017, la mesure d'impact fonctionne mieux pour des projets dont les résultats et facteurs de succès sont faciles à évaluer. À l'inverse, les innovateurs explorent des territoires inconnus, ont recours à des technologies et des *business models* « disruptifs » (sic), et sont susceptibles de « pivoter ». En particulier, la plupart des méthodes conviennent peu aux projets les plus risqués et novateurs, impliquant des technologies révolutionnaires, des marchés nouveaux ou des approches multi-acteurs.

« J'adorerais mesurer la quantité de vie marine que nous pouvons protéger, ou combien d'émissions de gaz à effet de serre nous évitons, mais c'est très difficile à évaluer au départ. Les investisseurs qui se concentrent sur l'"impact environnemental exigent des indicateurs spécifiques, mais une startup en phase d'amorçage comme nous aura du mal à fournir le type de données qu'ils recherchent. »

Michael Selden,
Co-fondateur et CEO de Finless Foods

Par conséquent, nous pensons qu'afin de populariser la gestion d'impact dans la science et la technologie, il y a un grand besoin d'approches et d'outils simplifiés — mais néanmoins conformes aux standards établis. Ceci permettrait d'accroître les chances d'orienter l'innovation dans la bonne direction : le *moonshot* planétaire.

Une collaboration entre innovateurs Impact Tech, scientifiques, et conseillers en mesure d'impact, pourrait aider à développer ces nouveaux outils, avec les objectifs suivants :

- **Permettre différents niveaux de sophistication** dans le choix des indicateurs et méthodes de mesure d'impact, lesquels doivent évoluer avec la maturité du projet.
- **S'appuyer sur les données et les connaissances scientifiques pour comparer différents types d'innovation** visant à résoudre un problème sociétal similaire.
- **Tenir compte des multiples risques d'impact**, y compris l'effet rebond et les risques spécifiques à chaque secteur.

« Il n'y a pas besoin de nouveaux outils et méthodologies pour la mesure d'impact. Il y a un besoin d'outils plus simples. »

Frida Siwe,
CFO de la Fondation Norrsken.

Les trois piliers de la gestion d'impact

Les pages suivantes donnent un aperçu des méthodes de gestion d'impact existantes, ainsi que des réflexions sur la façon de les adapter à un contexte Impact Tech.

Il existe des dizaines, voire des centaines, de *frameworks*, catalogues d'indicateurs et d'outils numériques pour la gestion d'impact. Nous n'en ferons pas une comparaison exhaustive, et nous ne proposerons pas non plus de processus détaillé. En revanche, nous espérons aider à démystifier la logique qui sous-tend **les trois piliers de la gestion d'impact : stratégie, mesure et *reporting*.**

5.2 Stratégie d'Impact

Photo: Pixabay

L'objectif d'une stratégie d'impact est d'élaborer un plan visant à maximiser les effets positifs d'une organisation et à en minimiser les répercussions négatives.

Ce premier pilier de la gestion d'impact comprends deux volets :

- **La stratégie d'impact positif** : comprendre le problème et définir l'hypothèse de solution pour le résoudre.
- **La stratégie de réduction des impacts négatifs** : minimiser les coûts sociaux et environnementaux associés à la solution, et atténuer les risques d'effets néfastes inattendus

L'ensemble repose sur au moins quatre activités : (1) une revue de littérature (articles scientifiques, rapports), **(3) les méthodes design stratégique, (3) la R&D et le développement produit**, et **(4) la collecte de *feedback* extérieur à l'entreprise.**

Sur le dernier point : au-délà des enquêtes, les entretiens sont à privilégier avec des utilisateurs et partenaires potentiels, mais aussi avec des experts issus de la recherche, de l'industrie et de la société civile. Bien ciblés et réalisés en amont, ces entretiens peuvent permettre de gagner énormément de temps (et donc d'argent).

La stratégie d'impact n'est pas une activité ponctuelle : elle doit s'enrichir avec l'apport de nouvelles connaissances. Par exemple, cela peut être le cas à chaque itération dans la méthode *Lean Startup* (construire, fabriquer, apprendre), ou à chaque avancée notable de la R&D dans le cas d'un projet deep-tech.

Stratégie d'impact positif

Maximiser les effets positifs exige deux choses :

- **comprendre le problème d'un point de vue systémique**
- **définir une hypothèse de solution** pouvant contribuer à la résolution du problème de manière significative

Recherche du problème

Afin d'éviter les pièges du solutionnisme technologique, il faut dépasser les visions réductionnistes. La recherche du problème doit être suffisamment poussée pour identifier les causes profondes et les symptômes, ainsi que le contexte général. Cette analyse doit être holistique et permettre d'identifier les interdépendances entre les éléments du problème, ainsi que les points de levier sur lesquels agir.

Par exemple, la restauration des écosystèmes naturels repose sur un large éventail de solutions. Les plus évidentes incluent la gestion durable des forêts et des réserves de pêches, l'agriculture régénératrice, les régimes alimentaires riches en plantes, ou encore l'accroissement de la demande en produits durables. Parmi les autres réponses systémiques figurent les incitations économiques tenant compte du capital naturel, la généralisation de l'investissement responsable, une bonne gouvernance internationale, et la reconnaissance juridique des droits de la nature.

Les innovateurs Impact Tech peuvent démarrer cette analyse avec comme point de départ, soit le problème, soit une technologie, soit les deux à la fois. La plupart des entrepreneurs à mission partent d'un problème qui leur tient à cœur et construisent une solution *tech* en réponse. Inversement, un chercheur dont les travaux ont récemment abouti, ou une entreprise ayant accès à un large pool de brevets et à une expertise technique, pourront étudier comment ces actifs technologiques pourraient avoir un impact sociétal positif.

Une vue systémique permet de mieux évaluer les opportunité, ainsi que les conséquences inattendues.

EN PRATIQUE

- **Une vue d'ensemble des grands défis mondiaux est bon point de départ,** en se familiarisant avec des référentiels-clés comme les ODD, les limites planétaires et l'économie circulaire, ainsi qu'avec certains rapports publiés par le GIEC, l'IPBES, le PNUE, UNDP, ou encore la Banque mondiale.
- **Une recherche approfondie aide à acquérir un point de vue systémique sur le problème-cible.** Celle-ci couvre idéalement les enjeux, secteurs, régions et technologies connexes, ainsi que les tendances sociétales et technologiques plus larges qui peuvent influencer la pertinence d'une solution.
- **Un passage en revue des initiatives passées et présentes s'attaquant au problème-cible** fournira des renseignements précieux sur les avantages et les inconvénients des différentes stratégies et technologies, le potentiel du marché, les principaux obstacles et les leçons tirées des échecs passés.
- **Une cartographie des brevets** avec le Patentscope de l'OMPI permet aux entreprises *deeptech* d'évaluer leur viabilité en matière de propriété intellectuelle.

Hypothèse de solution

Sur la base d'une vision systémique du problème et son contexte, il est possible de formuler une hypothèse de solution. Cette dernière permet d'obtenir des retours aux questions : la solution proposée peut-elle contribuer à résoudre le problème visé ? Est-elle techniquement réalisable et économiquement viable ? Est-ce qu'une majorité trouverait cette solution à la fois souhaitable et durable ?

L'hypothèse de solution doit inclure :

- Le résumé de la solution proposée et le raisonnement logique qui sous-tend sa capacité à répondre au probème
- La vue d'ensemble des composants de la solution, y compris les technologies et le *business model*
- Idéalement, un premier prototype pour faciliter les retours d'experts, de clients et de partenaires

Ce travail permettra une première évaluation des ressources et activités nécessaires au projet : briques technologiques (à développer, à externaliser ou à acquérir sous licence), ressources humaines, financement, partenariats, bureaux et laboratoires, etc.. Il peut aider à **définir des échéances, identifier les facteurs-clés de succès et fournir des premiers éléments financiers.**

EN PRATIQUE

- **La Théorie du changement (TdC) est un outil simple pour expliquer l'intention derrière une solution,** largement utilisé dans le secteur du développement et par les investisseurs à impact. La TdC prend souvent la forme d'un modèle logique qui décrit la chaîne de causes et d'effets menant aux objectifs souhaités : **inputs, outputs, effets, impacts**. Cependant, la TdC n'est pas un outil standardisé et ses représentations varient — de la boîte à outils Nesta aux graphiques personnalisés utilisés par des acteurs Impact Tech comme SweetSense.
- **Les prototypes, descriptions de brevets, diagrammes, maquettes et autres éléments techniques** aident à rendre l'hypothèse plus tangible. Cela va des démonstrateurs en laboratoire dans le cas d'une *deeptech*, jusqu'au prototypage rapide pour obtenir des retours sur un nouveau produit.
- **Le Business Model Canvas et le Value Proposition Canvas** développés par Alex Osterwalder sont devenus des standards *de facto* pour représenter visuellement comment une entreprise crée, délivre et capture de la valeur. Ces outils sont néanmoins plus pertinents pour les phases d'idéation.
- **Les études de marché** aident à valider l'opportunité et la taille du marché, ainsi qu'à évaluer les tendances du secteur.
- **Garder à l'esprit les cinq dimensions d'IMP** pendant la formulation de l'hypothèse, peut clarifier l'impact potentiel.

Photo: Miguel Bruna

Photo: George Evans

Réduction des impacts négatifs

Minimiser les effets négatifs exige deux choses :

- **Evaluer le coût (ou empreinte) social et environnemental de la solution et agir pour la réduire ou l'annuler**
- **Anticiper les risques et agir pour les atténuer**

Réduction du coût social et environnemental

Chaque solution Impact Tech génère une empreinte sociale et environnementale, qui peut inclure la consommation d'énergie et d'eau, les matières premières nécessaires, les émissions de CO2, la pollution éventuelle, ou encore certaines conditions de travail.

Dans certains cas, fabriquer un produit à faible empreinte peut constituer une stratégie d'impact positif en soi. Pili bio-fabrique des colorants durables pour remplacer les produits pétrochimiques, tandis que Fairphone propose un smartphone fabriqué avec des minéraux d'origine éthique, qui plus est, facile à réparer.

Dans les autres cas, les acteurs Impact Tech doivent s'efforcer de minimiser l'empreinte de leurs solutions. Les solutions d'accès à l'énergie peuvent améliorer l'existence des personnes en zones rurales des pays en développement, mais au prix d'une consommation de matériaux accrue. Pour garantir que les résultats positifs l'emportent largement sur les effets négatifs, un accent peut être mis sur une économie circulaire, via des unités de production d'énergie qui soient très robustes, faciles à réparer, et idéalement à recycler.

L'horizon à atteindre est une empreinte net-positive, avec une production qui restaure le climat et les écosystèmes, et des bénéfices pour toutes les parties prenantes (employés, fournisseurs, communautés)

EN PRATIQUE

- **Les principes et méthodes de conception durable** peuvent aider à optimiser l'empreinte environnementale. Les ressources compilées par des organisations comme VentureWell ou la Fondation Ellen MacArthur (voir leur guide de conception circulaire avec IDEO) sont un bon point de départ pour les designers, ingénieurs et entrepreneurs.

- **Les bases de données de matériaux** comme Cradle to Cradle Material Library, Granta MI, Materiom et MateriaBrasil permettent aux designers et ingénieurs de sélectionner des matériaux qui allient durabilité et performance.

- **Les logiciels spécialisés** peuvent servir la conception durable, à l'instar de Sourcemap, qui permet de visualiser des chaînes d'approvisionnement complexes, ou la suite logicielle ResCoM qui fournit *« un outil d'aide à la prise de décision et à la mise en œuvre d'une production en boucle fermée »*.

- **De manière générale, les ODD sont une excellente *check-list* des problématiques sociétales à considére.** La Global Reporting Initiative (GRI) a compilé SDG Compass, une base d'outils de gestion d'impact spécialisés, triés par ODD.

Atténuation des risques

Les projets Impact Tech font face à un large éventail de risques pouvant compromettre leurs intentions. IMP résume : *« Lorsqu'une entreprise ou un investisseur se fixe un objectif financier, il existe toujours le risque de manquer celui-ci. Il en va de même pour l'impact. »*

À partir des neuf risques identifiés par IMP, ainsi que notre propre analyse, nous avons **identifi**é trois grandes catégories de risques à **prendre en considération dans un projet Impact Tech :**

- **Les risques de mise en œuvre** : toutes les raisons pour lesquelles l'impact positif réel pourrait être différent de celui attendu. Par exemple, les risques d'exécution, d'efficacité de l'équipe, de dérive par rapport à la mission initiale, ou encore de conflit entre les parties prenantes. Identifier ces risques aide à définir les **facteurs-clés de succès** du projet.

- **Les risques de preuve d'impact** : définis par IMP comme *« la probabilité qu'un manque de données de qualité empêche de mesurer l'impact réel sur les parties prenantes »*.

- **Les risques d'effets inattendus** et indésirables. Par exemple, le bilan environnemental d'un matériau employer pourrait s'avérer bien plus mauvais que prévu, ou les données privées des utilisateurs pourraient alimenter une IA biaisée contre eux.. Il est recommandé d'être particulièrement attentif aux risques technologiques (4.1) ainsi qu'à l'effet rebond.

Les entrepreneurs Impact Tech devraient idéalement inclure l'analyse et l'atténuation des risques dans les processus tels que la R&D, le design produit, l'ingénierie et les opérations.

EN PRATIQUE

- **EthicalOS est une boîte à outils qui aide les entrepreneurs à anticiper les risques numériques** afin qu'ils *« n'aient pas de regrets au sujet de leurs créations »*. Publiée par Institute for the Future et Omidyar Network, elle comprend huit zones de risque telles que « éthique de l'IA et biais algorithmiques ». EthicalOS propose également des stratégies d'atténuation des risques et des guides pratiques à l'intention des développeurs.

- **Le développement agile, très populaire en ingénierie, nécessite une mise à jour pour anticiper les risques.** L'ONG britannique Doteveryone suggère d'ajouter une « revue des conséquences » à chaque cycle itératif de développement, invitant les équipes techniques à prendre du recul pour réfléchir aux dommages potentiels, et à rectifier le tir si besoin?

- **Le chapitre 4 offre un aperçu des risques technologiques critiques** et des moyens de les atténuer.

- **Les jeux de données relatifs à un domaine ou une problématique spécifiques** permettent d'analyser en détail certains risques sectoriels à prendre en compte. Citons par exemple la base WaterStat du Water Footprint Network et le Global Water Tool du WBCSD pour les risques liés à l'eau. La base Social Hotspot permet, quant à elle, à déterminer les risques sociaux dans les chaînes d'approvisionnement, comme le non-respect des droits du travailleur par certains fournisseurs ou dans certaines zones géographiques.

Le « Blueprint of Change »

Le diagramme ci-contre est un example d'outil pour visualiser les éléments essentiels d'une stratégie d'impact. Inspiré de la Théorie du changement et d'IMP, il s'agit d'une première itération à affiner avec les retours des acteurs de l'Impact Tech.

Utilisé en combinaison avec d'autres outils, tels qu'un prototype et un support de présentation, ce type de visualisation permet de communiquer la stratégie d'impact auprès d'investisseurs, clients, partenaires, experts et autres parties prenantes. Il se décompose ainsi :

- Les **inputs** sont les ressources humaines, matérielles et immatérielles nécessaires à la solution.
- Les **outputs** sont les produits et services tangibles dérivés des inputs, et constituant la solution.
- L'**impact positif** décrit les effets positifs escomptés sur les personnes et la planète. Ceux-ci doivent être exprimés du point de vue des parties prenantes, et idéalement en lien avec les cadres établis (ODD, émissions, etc).
- L'**impact négatif** fait référence à l'empreinte sociale et environnementale et à la façon de la minimiser.
- Les **risques** associés à la solution couvrent les catégories évoquées plus haut : mise en oeuvre, preuves d'impact, ainsi qu'aux effets négatifs inattendus.

INPUT

- RH / Talent
- PI / Technologies
- Matériaux
- Énergie et eau
- Installations et usage des terres
- Ressources des partenaires
- Autres actifs

OUTPUT

- Produits
- Services

IMPACT POSITIF

- **Quoi & Qui : les** résultats positifs visés et qui ils affectent
- **Combien :** le degré de changement escompté sur une échelle de temps définie
- **Référentiels :** Cibles des ODD, Scénarios du GIEC, IPBES ...

IMPACT NÉGATIF

- **Quoi & Qui : les** principaux facteurs de l'empreinte négative
- **Combien :** le niveau d'empreinte attendu, après minimisation
- **Méthodes et outils pour** optimiser l'empreinte

RISQUES

- **Mise en oeuvre :** qu'est-ce qui pourrait empêcher l'atteinte des résultats positifs ?
- **Preuves d'impact :** quelles données de qualité sont nécessaires pour démontrer l'impact ?
- **Effets inattendus :** quels sont les effets négatifs possibles à éviter ?

5.3 Mesure d'Impact

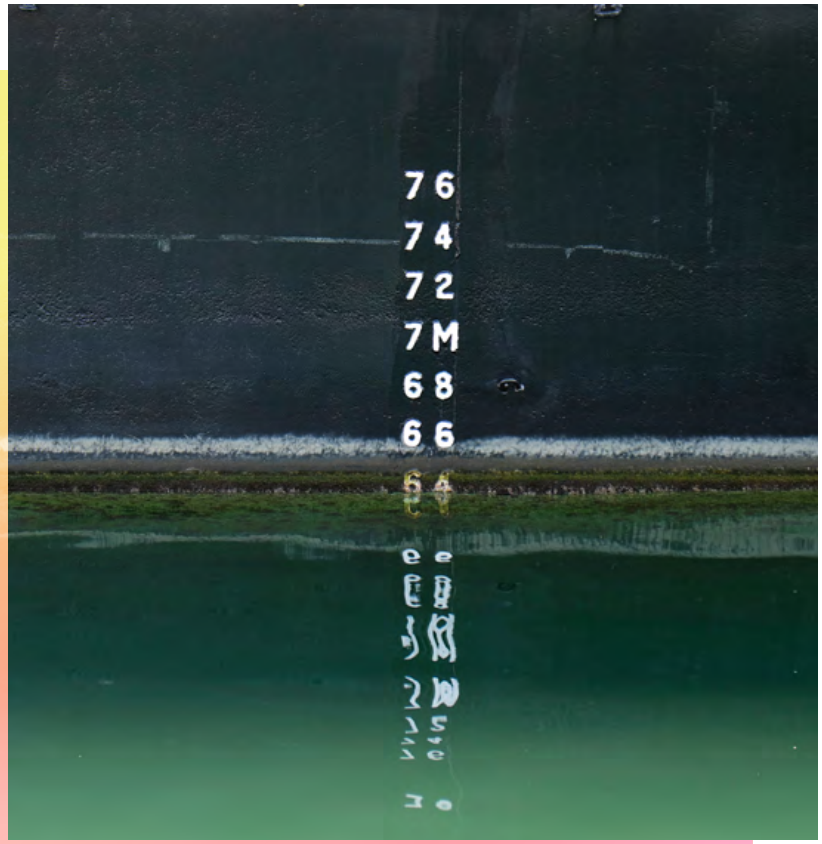


Photo: Miguel A. Amutio

La mesure est le deuxième pilier de la gestion d'impact, et sans doute le plus difficile. Elle s'appuie sur deux outils :

- **Les indicateurs** qui suivent les progrès réalisés sur la maximisation des effets positifs et l'atténuation des effets négatifs.
- **Les référentiels de mesure** qui définissent comment recueillir et évaluer les données afin de suivre les indicateurs.

Plus d'information ne signifie pas forcément qu'elle est de meilleure qualité : celle-ci doit avant tout servir la prise de décision. Lorsqu'une organisation recueille plus de données qu'elle peut analyser, il lui est difficile d'identifier celles qui sont pertinentes. Il est crucial de recueillir les bonnes données, de les communiquer dans les bons formats utiles et en temps opportun, et d'avoir la capacité organisationnelle pour transformer ces connaissances en points d'amélioration concrets.

Une bonne pratique est de démarrer avec des indicateurs simples, puis d'accroître le niveau de sophistication à mesure que le projet grandit. Ann Mei Chang, ancienne Chief Innovation Officer de USAID et auteur de Lean Impact, plaide en faveur d'une mentalité « Lean Startup » dans le secteur de l'impact social. Acumen, investisseur à impact de premier plan, a créé une startup de mesure d'impact basée sur sa méthodologie de Lean Data.

« La mesure d'impact est comme la mesure de n'importe quelle métrique business. Si on ne la fait pas, on risque de rater des opportunités et de prendre de mauvaises décisions. »

Frida Siwe,
Directrice financière de la Fondation Norrsken

Indicateurs

Les bons indicateurs aident à suivre les progrès réalisés vers la maximisation des impacts positifs et l'atténuation des impacts négatifs. Ils doivent non seulement rendre efficace la mesure et le reporting d'impact, mais aussi appuyer la prise de décision et permettre une amélioration continue. Idéalement, les indicateurs d'impact doivent être intégrés au reste des KPIs *(Key Performance Indicators)*, qui mesurent le succès d'une organisation par rapport à ses objectifs.

Il n'existe aucune méthode magique pour choisir les indicateurs : les entrepreneurs doivent identifier les plus pertinents par rapport à leur contexte. Une stratégie d'impact bien pensée facilite ce choix. Les méthodes de collecte des données, les référentiels de mesure et les normes de reporting peuvent également influencer cette décision.

Les innovateurs Impact Tech devraient démarrer avec des KPIs simples et directement liés à leur métier, puis les affiner au fil du temps. Néanmoins, ils doivent conserver une vision holistique, afin d'éviter d'améliorer quelques indicateurs en transférant le fardeau vers d'autres qui seraient pourtant plus importants.

« Parvenir à un impact systémique nécessite de clarifier les priorités pour ne pas transférer le fardeau ailleurs. Il ne suffit pas d'améliorer des KPI comme l'efficacité énergétique au détriment d'autres comme la toxicité des matériaux ou les inégalités sociales. Il est essentiel d'avoir un ensemble holistique de KPIs pour évaluer les effets indésirables d'une solution et faire des compromis éclairés. »

Chris Monaghan,
Co-fondateur et directeur innovation de Metabolic

Les KPI doivent être SMART : spécifiques, mesurables, appropriés, réalistes et temporellement limités. L'enjeu est de trouver un juste équilibre entre les indicateurs personnalisés, qui apportent une mesure plus fine, et le besoin de standards, qui permettent la comparaison avec d'autres solutions. Sara Olsen, consultante en impact, préconise une flexibilité limitée afin de gérer les variations entre KPI jusque dans une certaine limite, pratique courante en comptabilité financière.

Photo: Andrea Sonda

EN PRATIQUE

- **Les progrès réalisés vers les ODD sont suivis avec 230 indicateurs (*)** tels que le pourcentage de terres dégradées ou de personnes ayant accès à l'électricité. Ces indicateurs de l'ONU peuvent fournir une base pour certains KPIs projet.
- **Les catalogues d'indicateurs (**) fournissent une liste de KPIs généralement acceptés pour mesurer la performance sociale, environnementale et financière**. IRIS+ est le plus populaire, aujourd'hui géré par le Global Impact Investing Network (GIIN). IRIS+ est compatible avec plus de 50 référentiels et méthodes d'évaluation, y compris ODD, GRI et B Impact Assessment.
- **Les indicateurs sectoriels et thématiques (**) sont également pertinents.** Citons par exemple le Higg Index pour le secteur textile, le Poverty Footprint mis au point par Oxfam et le Pacte mondial de l'ONU, ou les indicateurs de circularité proposés par la Fondation Ellen MacArthur et Granta Design. Enfin, la plateforme SDG Compass de GRI répertorie de nombreux indicateurs applicables dans un contexte d'entreprise.
- **IMP a défini 15 catégories d'impact qui peuvent servir de « checklist »** dans la sélection des indicateurs.

« Mesurer l'impact uniquement en nombre d'emplois créés est une métrique très obsolète. Un emploi à temps plein n'est plus une garantie pour sortir de la pauvreté : les " travailleurs pauvres " sont un phénomène croissant au Mexique et au-delà. »

Laura Ortiz Montemayor,
Fondatrice et CEO de SVX Mexique

(*) Parmi les 230 indicateurs des ODD, 84 sont labellisés "Tier III", ce qui signifie qu'aucune méthode n'existe encore pour les mesurer.

(**) Comme évoqué précédemment, les indicateurs traditionnels sont difficiles à transposer dans un secteur innovant avec des technologies, des marchés et des business models radicalement nouveaux. Mais ils facilitent grandement la comparaison des données.

Entering and investors can assess their impact performance by assessing and reporting 15 categories of data

DIMENSION D'IMPACT	CATÉGORIE D'IMPACT
QUOI	**1.** Effet sur la période **2.** Importance pour les parties prenantes **3.** Seuil de l'effet **4.** ODDs et cibles ODD
QUI	**5.** Parties prenantes **6.** Limites géographiques **7.** Base de référence **8.** Caractéristiques des parties prenantes
COMBIEN	**9.** Amplitude **10.** Profondeur **11.** Durée
CONTRIBUTION	**12.** Profondeur **13.** Durée *Prenant en compte le contrefactuel*
RISQUES	**14.** Type de risque **15.** Niveau de risque

Source: Impact Management Project

Référentiels de mesure

Les référentiels de mesure d'impact sont d'une grande diversité et devraient être pris en compte le plus tôt possible. La sélection du référentiel doit se faire parallèlement au choix des indicateurs, voire, si possible, pendant la stratégie d'impact. La gestion d'impact étant un processus itératif, ce choix peut être revu au besoin.

Les pages qui suivent offrent un aperçu des quatre grandes catégories de référentiels de mesure. Cette typologie itère sur celle proposée dans l'étude de Harvard *Measuring Impact* (2015), reprise dans l'étude de La Fing *Innovation Facteur 4* (2017).

Les quatre catégories sont :

- **Les tableaux de bord** de suivi personnalisé
- **Le Retour social sur investissement (SROI)**, repose sur une conversion monétaire de l'impact pour évaluer l'efficacité
- **Les analyses de contribution**, qui évaluent ce qui se serait produit sans l'intervention de l'organisation
- **Les évaluations environnementales**, qui examinent l'impact des produits et systèmes sur plusieurs paramètres environnementaux

« Concevoir le processus de mesure d'impact dès le début, en même temps que l'on conçoit son produit ou service, est le meilleur moyen d'atteindre ses objectifs de manière efficace. »

Abbie Jung-Harada,
Cofondatrice de Synergy Social Ventures

Tableaux de bord

Les tableaux de bord d'indicateurs permettent de suivre la performance d'une organisation par rapport à ses objectifs stratégiques et opérationnels.

Par souci d'efficacité, il est préférable de rassembler les KPIs d'impact et *business* (stratégiques, opérationnels) dans un seul tableau de bord. Par KPI business, nous entendons tous ceux qui se rapportent aux clients, finances, processus opérationnels et apprentissage organisationnel.

EN PRATIQUE

- **Le B Impact Assessment est un outil d'auto-évaluation** permettant aux entreprises d'évaluer leur impact sur leurs employés, la société, l'environnement et leurs clients. Les répondants comparent ensuite leur performance avec le score de référence, issu de milliers de réponses. Le questionnaire en ligne est fourni par B Lab, une ONG qui vise à mettre l'entreprise au service du bien commun, et qui certifie également les B Corps, les entreprises atteignant les meilleurs scores.
- **Les tableaux de bord peuvent être implémentés sur différents outils**, des plateformes standard comme Tableau et Geckoboard, jusqu'aux solutions dédiées aux données d'impact comme Sopact, Sinzer, Clear Impact, et Socialsuite.

Retour social sur investissement (SROI)

La méthode SROI consiste à attribuer une valeur monétaire au bénéfice sociétal d'un projet afin d'évaluer son efficacité. Inspirée par la manière dont est calculé le rendement d'un investissement financier, l'idée est de convertir la valeur sociale et environnementale (réalisée ou proposée) en une approximation monétaire. Cette valeur est ensuite comparée à l'investissement pour déterminer le SROI.

La formule est :

$$\text{SROI} = \frac{[\text{Valeur actualisée de l'impact futur}]}{[\text{Valeur des inputs}]}$$

Imaginons un projet d'énergie renouvelable visant à remplacer une centrale fossile. La valeur actualisée totale de l'impact inclut (1) les économies d'énergie sur le cycle de vie du projet, (2) le prix des émissions de CO2 évitées et (3) la réduction des dépenses de santé liée à la pollution atmosphérique plus faible. Le SROI est la somme de ces valeurs actualisées, divisée par le coût d'investissement.

La méthode SROI est populaire car elle simplifie l'allocation des ressources et la communication entre parties prenantes. Cependant, elle a plusieurs limites : certains résultats ne peuvent être facilement convertis en valeur monétaire ; les approximations financières peuvent devenir subjectives ; enfin cette méthode ne peut pas démontrer la causalité de l'impact.

EN PRATIQUE

- **Le Guide to SROI** et les études de cas publiés par Social Value UK sont de bons points de départ.

« Pour que les entrepreneurs gèrent un triple bilan, il faudra de solides arguments et leur expliquer pourquoi y consacrer du temps et des ressources. L'investissement à impact, l'attraction et la rétention des talents, la gestion des risques et la valeur de la marque font partie des incitations possibles. D'autant qu'un nombre grandissant de fondateurs aspirent à contribuer à un monde meilleur, en plus de faire du profit. »

Florian Hoos,
Directeur du Centre for Entrepreneurship TU Berlin

Les analyses de contribution

Ces méthodes visent à répondre à une question fondamentale : dans quelle mesure une solution a-t-elle contribué à un effet donné, par rapport à ce qui serait advenu de toute manière ? Cette approche est également appelée analyse contrefactuelle — le « contrefactuel » désignant un scénario alternatif en l'absence de solution.

Les méthodes expérimentales sont largement reconnues comme le meilleur moyen de déterminer cette « additionalité ». Elles ont été popularisées par des chercheurs comme Esther Duflo, professeure de lutte contre la pauvreté et d'économie du développement au MIT, et co-directrice du Abdul Latif Jameel Poverty Action Lab (J-PAL).

Parmi ces méthodes, les essais comparatifs randomisés (ECR) représentent la référence absolue. Comme leur nom l'indique, ces essais impliquent un groupe de contrôle randomisé d'utilisateurs, jouant le rôle de contrefactuel. Les acteurs du développement et les fondations s'appuient souvent sur les ECR pour évaluer l'efficacité de leurs programmes et investissements.

« La mesure d'impact oblige à rendre des comptes, elle devrait être vue comme un système de gestion de la qualité. Idéalement, elle devrait être intégrée au projet dès le premier jour. »

Anne Thibault,
Ancienne directrice adjointe pour l'Amérique latine et les Caraïbes de J-PAL

Bien que les ECR donnent les meilleurs résultats, il est parfois injuste, voire immoral, de priver un groupe d'une innovation qui change la vie, en particulier dans des domaines comme l'éducation et la santé. Afin de surmonter ces dilemmes éthiques, les **méthodes**

Photo: Ian Camp

quasi-expérimentales utilisent des contrefactuels alternatifs, construits à l'aide de techniques statistiques telles que les bases historiques, la régression sur discontinuité et l'analyse des « différences dans les différences » (ou doubles différences) entre les groupes.

Un autre défi est le coût très élevé des ECR, de 50 000 $ pour un petit projet à plus d'un million pour de grandes interventions. **La collecte de données est la partie la plus coûteuse** : cette étape est déterminante pour la qualité de la mesure d'impact. Lorsque les données sont facilement accessibles, le coût d'une ECR diminue fortement.

Certaines méthodes plus accessibles peuvent réduire le coût de ce type d'évaluation. IMP pointe notamment vers les enquêtes auprès des parties prenantes (réalisées sur des échantillons suffisamment grands) ainsi que le fait de s'appuyer sur des études de marché et d'impact existantes, dont la rigueur aura été contrôlée.

Tom Adams, ancien Chief Impact Officer chez Acumen où il a dirigé l'approche Lean Data, plaide en faveur de ces méthodes : *« La mesure d'impact effraie souvent, avec des grands concepts comme causalité, attribution et additionnalité. Pourtant, vous n'avez pas besoin d'une compréhension intime de ces termes avant de commencer à apprendre si vous faites quelque chose de bien. (....) Si vous êtes prudent avec ce que vous affirmez, vous pouvez commencer à mesurer l'impact même en l'absence d'un groupe témoin formel. »*

EN PRATIQUE

- **J-PAL publie de nombreuses études de cas d'ECR et autres ressources complémentaires.** Le plus souvent, ces méthodes seront bien trop longues et coûteuses pour les startups en phase d'amorçage, mais comprendre leur valeur très tôt facilitera les choses par la suite. Il est d'ailleurs intéressant de noter que des entreprises comme Uber et Airbnb utilisent les ECR pour évaluer les retours des utilisateurs aux changements de produit.

- **Des nombreuses startups spécialisées visent à simplifier la mesure d'impact avec des outils peu coûteux et rapides de collecte de données**. Citons par exemple, Impact Atlas, Shanzhai City, IXO Foundation (voir 5.5) et 60 Decibels. Cette dernière est une spin-off d'Acumen, pionnier de l'impact investing, qui repose sur l'approche Lean Data et utilise divers outils d'enquêtes mobiles accroître l'efficacité de la collecte de données (EchoMobile, mSurvey, Viamo, etc.)

Evaluations environnementals

L'impact environnemental s'évalue soit au niveau du produit, soit au niveau d'un système entier : une région, une entreprise, une chaîne de valeur ou un secteur économique.

Au niveau produit, l'analyse du cycle de vie (ACV) est l'approche la plus complète. Elle mesure les différents impacts environnementaux survenant pendant l'ensemble du cycle de vie d'un produit : extraction et traitement des matières premières, fabrication, transport et distribution, utilisation, entretien, réemploi, recyclage et élimination en fin de vie. L'ACV prend en compte tous les intrants (énergie, matières, eau) ainsi que les substances rejetées dans l'environnement. Ainsi, le résultat couvre les principaux types d'impact sur le réchauffement climatique, les écosystèmes naturels, la qualité de l'eau, les ressources, etc.

Une ACV comporte quatre phases principales : a) la définition de l'objectif et du champ de l'étude, b) l'analyse de l'inventaire du cycle de vie, c) l'évaluation de l'impact et d) l'interprétation des résultats. Ces derniers doivent permettre d'identifier et de hiérarchiser les pistes d'amélioration sur le cycle de vie. L'ACV offre également une base solide sur laquelle communiquer l'impact environnemental.

Le principal inconvénient d'une ACV reste le temps et les ressources nécessaires. En outre, comme elle porte sur l'impact environnemental, cette méthode fournit (forcément) très peu d'informations sur les impacts sociaux. Les autres référentiels sont donc complémentaires.

Au niveau d'un système, plusieurs méthodes permettent d'évaluer l'impact environnemental des activités humaines sur un lieu, dans une organisation ou un secteur donné. Le Bilan Carbone (BC) et le GHG Protocol (GHGP) sont les principales méthodes pour calculer les émissions de GES, mais de futurs méthodes comme la Net Zero Initiative devront évaluer la neutralité carbone de façon aussi rigoureuse. Par ailleurs, le Natural Capital Protocol (NCP) vise à identifier les impacts sur les ressources naturelles (plantes, animaux, air, eau, sols, minéraux) ainsi que notre dépendance à elles. La méthode d'analyse des flux de matières (MFA), quand à elle, est utilisée en urbanisme et en écologie industrielle pour quantifier les flux de matières et de stocks.

EN PRATIQUE

- **SHIFT est une plateforme qui répertorie et compare différents outils de gestion d'impact environnemental**. Gérée par la MIT Sloan Sustainability Initiative, elle indexe les ressources par secteur, problème, fonction et par type d'outil.
- **Animé par le PNUE, Life Cycle Initiative** vise la diffusion à grande échelle de l'ACV, avec des outils pédagogiques et pratiques, des bases de données et des études de cas.
- **Les méthodes systémiques** comme BC, GHGP et NCP comportent des modèles, des outils de calcul et d'autres ressources qui en facilitent l'usage.

COMPARAISON DES RÉFÉRENTIELS DE MESURE D'IMPACT

	AVANTAGES	LIMITES
Tableaux de bord	▸ Simple et adaptable ▸ Améliore la communication avec les financeurs et parties prenantes	▸ Ne permet de suivre que les effets quantifiables ▸ Dépend de la qualité des données ▸ N'évalue pas la contribution
SROI	▸ Facilite l'affectation des ressources ▸ Améliore la communication avec les financeurs et parties prenantes	▸ Ne couvre que les effets quantifiables et monétisables ▸ L'estimation monétaire peut être subjective et limiter la comparabilité ▸ N'évalue pas la contribution
Analyses de contribution	▸ Seule façon de déterminer la contribution ▸ Permet une allocation stratégique des ressources	▸ Coûteux et fastidieux, notamment les ECR ▸ Davantage approprié pour évaluer l'impact social ▸ Ne tient pas compte des effets indésirables
Evaluations environnementales	▸ Seules méthodes pour évaluer l'impact environnemental ▸ Aide à améliorer la performance des produits et à orienter la stratégie d'innovation	▸ Coûteux et fastidieux, notamment les ACV ▸ Aucune évaluation d'impact social possible

Source : Good Tech Lab et Fing, Innovation Facteur 4

5.4 Reporting d'Impact

Photo: Bhavesh Jain

Troisième et dernier pilier de la gestion d'impact, le reporting vise à communiquer les résultats auprès des parties prenantes.

Il existe deux principaux moyens :

- **les labels et certifications**, qui permettent d'évaluer rapidement les performances d'une entreprise ou d'un produit sur certains critères
- **les rapports dits de RSE ou de développement durable**, surtout appropriés pour les grandes organisations

Le reporting d'impact est une activité stratégique pour répondre aux nouvelles attentes des parties prenantes. Les investisseurs et financeurs s'appuient en partie dessus pour communiquer l'impact de leurs portefeuilles. Les consommateurs sont de plus en plus sensibles à la façon dont leurs achats réflètent leurs valeurs. Quant aux entreprises, elles ont besoin de prouver leurs efforts aux talents, clients et investisseurs qu'ils souhaitent attirer. Enfin, la société civile exerce une pression sur les secteurs privé et public, amenant les gouvernements à faire évoluer les réglementations en conséquence.

La qualité du reporting dépend de plusieurs éléments : la validité des données, la transparence et la pertinence des méthodes d'évaluation, et l'efficacité de la communication des résultats.

Certifications

Les labels et certifications offrent un moyen simple de communiquer certains impacts d'un produit ou d'une entreprise. Ils permettent de distinguer ceux ayant un impact positif, ou une empreinte réduite par rapport à la moyenne. Le coût et le temps nécessaires au processus de certification varie beaucoup selon le label, et peut représenter un investissement non négligeable. Celui-ci aidera toutefois à se différencier auprès des clients, talents et investisseurs.

EN PRATIQUE

- **La certification B Corp** distingue les entreprises qui s'engagent à un impact positif sur leurs parties prenantes et sur la planète. En octobre 2019, plus de 3000 B Corp étaient certifiées dans 65 pays, comprenant des petites entreprises mais aussi des grandes comme Patagonia et Natura.

- **Certains labels émergents mettent l'accent sur des produits *tech* éthiques.** Le Trustable Technology Mark de Thingscon évalue les objets connectés sur des critères de sécurité, transparence, protection de la vie privée, et durabilité. Le label ORCAA de Cathy O'Neil signale, quant à lui, qu'un algorithme a été audité sur des critères de partialité et d'équité.

- **De nombreux labels certifient l'empreinte environnementale des produits et des bâtiments** : EnergyStar pour l'efficacité énergétique, LEED pour les bâtiments écologiques, FSC pour la foresterie durable, ou encore Cradle to Cradle, qui tient compte de plusieurs critères comme la non-toxicité, le réemploi des matériaux, l'empreinte carbone et la consommation d'eau.

- **Les labels liés à l'alimentation** identifient les produits et ingrédients issus, par exemple, du commerce équitable (ex. Max Havelaar) ou d'une agriculture durable (ex. Rainforest Alliance).

- **La Fondation Solar Impulse** délivre un label prouvant la faisabilité technique et la rentabilité économique de 1000 solutions respectueuses de l'environnement.

Standards de reporting

Les rapports de développement durable ne sont pas la priorité pour les startups : ils sont complexes et principalement utilisés par les grandes et moyennes entreprises. Néanmoins, un entrepreneur Impact Tech pourra s'inspirer de ces standards pour présenter ses KPI aux investisseurs et parties prenantes. Cela peut également aider à se familiariser avec un format qui sera utile en temps voulu.

EN PRATIQUE

- **IMP est à l'initiative du Structured Network, une collaboration unique d'organismes de normalisation** qui vise à rapprocher et coordonner les standards de gestion d'impact. Ses membres incluent GRI (Global Reporting Initiative), SASB (Sustainability Accounting Standards), le PNUD, ou encore l'OCDE.

- **Parmi les autres standards notables,** citons le CDP (ex Carbon Disclosure Project) et Integrated Reporting

« Déterminer l'impact réel prend du temps. Celui-ci va-t-il se manifester durant notre génération, ou dans un futur plus lointain ? »

Liza Chong,
CEO de The Index Project

5.5 L'Avenir Des Données d'Impact

Photo: ITU/R.Farrell

Le paysage de la gestion d'impact est en constante évolution. Tandis que les organismes de normalisation s'efforcent d'améliorer leur intercompatibilité, les Objectifs de développement durable et la crise climatique invitent à réévaluer les pratiques. B Lab travaille par exemple avec le Pacte mondial de l'ONU *(UN Global Compact)* pour adapter sa plateforme d'évaluation en ligne aux ODD. Sur le climat, Science-Based Targets incite les entreprises à fixer des objectifs ambitieux alignés avec un objectif de 1,5°C ou 2° C.

Une nouvelle gamme d'outils vise à optimiser la collecte de données d'impact, afin de réduire le coût de la mesure et de renforcer la confiance dans les investissements. Les tableaux de bord numériques et les outils de « Lean Data, » cités précédemment, en sont des exemples.

Autre tendance à suivre : l'utilisation de la *blockchain* pour fournir une « preuve d'impact » — clin d'œil à la « preuve de travail, » le protocole qui sécurise les transactions Bitcoin. La Fondation IXO (Suisse) développe des protocoles et outils d'analyse de données pour vérifier les impact déclarés dans les projets de développement international. Le système émet ensuite des tokens asssociés aux données validées, permettant de « valoriser ce qui compte » et développer l'impact investing.

Shanzhai City (Chine) utilise des contrats intelligents *(smart contracts)* pour inciter les populations locales et les entreprises sociales des pays du Sud à fournir les données difficiles à collecter. Les contributeurs sont rétribués pour le partage de leurs données, et peuvent influencer la mise en œuvre des projets dans leurs communautés. L'entreprise utilise des *blockchains* privées, permettant de collecter les données d'impact tout en assurant la confidentialité des personnes vulnérables.

« La mesure d'impact est souvent présentée comme une science complexe, ce qui n'incite pas les communautés locales à participer. Nous pensons qu'il existe une opportunité énorme dans la démocratisation des outils et de l'information. »

Tat Lam,
Fondateur de Shanzhai City

Pour que les données d'impact puissent générer de l'information stratégique, il faut non seulement de meilleurs outils de collecte, mais également des données plus diversifiées. Proposé par le consultant Karl Richter, la notion « Internet of Impact » désigne la capacité à solliciter en temps réel des données d'impact décentralisées, pour les intégrer au sein de vues personnalisées. **Le défi réside dans le manque actuel d'interopérabilité de ces données**, même si les ODD et d'autres référentiels fournissent déjà un langage commun.

Un rapport publié en 2019 par l'agence d'innovation canadienne MaRS identifie des pistes de travail pour atteindre cet objectif. **Non seulement les formats de données doivent être compatibles, mais les nombres et les mots doivent aussi avoir une signification commune**, y compris pour des idées complexes comme « pauvreté ». Cette **interopérabilité sémantique** permettrait aux machines de lire et combiner les données d'impact sans intervention humaine, avec un potentiel d'utilisation du *machine learning*. Toutefois, un tel système devrait s'efforcer de préserver la flexibilité nécessaire pour utiliser des indicateurs sur mesure, qui restents pertinents au niveau local.

« Les ODD fournissent un langage commun pour la mesure d'impact, mais il faut également des architectures de données standardisées. L'idée d'un Internet de l'impact est de permettre des visualisations personnalisés à partir d'une base globale et ouverte de données, lisibles à la fois par les humains et les machines. »

Karl H Richter,
Directeur de EngagedX

Dans le même temps, comme évoqué précédemment, il y a un besoin de méthodes simples et agiles adaptées à l'Impact Tech, compatibles avec les standards existants. Il est important que les innovateurs, scientifiques et experts en gestion d'impact s'associent pour développer ces nouveaux outils et méthodes. Good Tech Lab s'efforcera de faciliter ces échanges et travaux à l'avenir.

Photo: Markus Spiske

6

CONCLUSION

10 ANS POUR AGIR

Les derniers rapports du GIEC et de l'IPBES sur le climat et la biodiversité sont alarmants. Par ailleurs, si le niveau d'inégalités est déjà inacceptable aujourd'hui dans de nombreux pays, il risque d'empirer encore avec l'IA et le réchauffement climatique. **Face à ces défis planétaires, notre civilisation menace de s'effondrer** — à moins de transformer le système économique en profondeur, au rythme de la Loi Carbone.

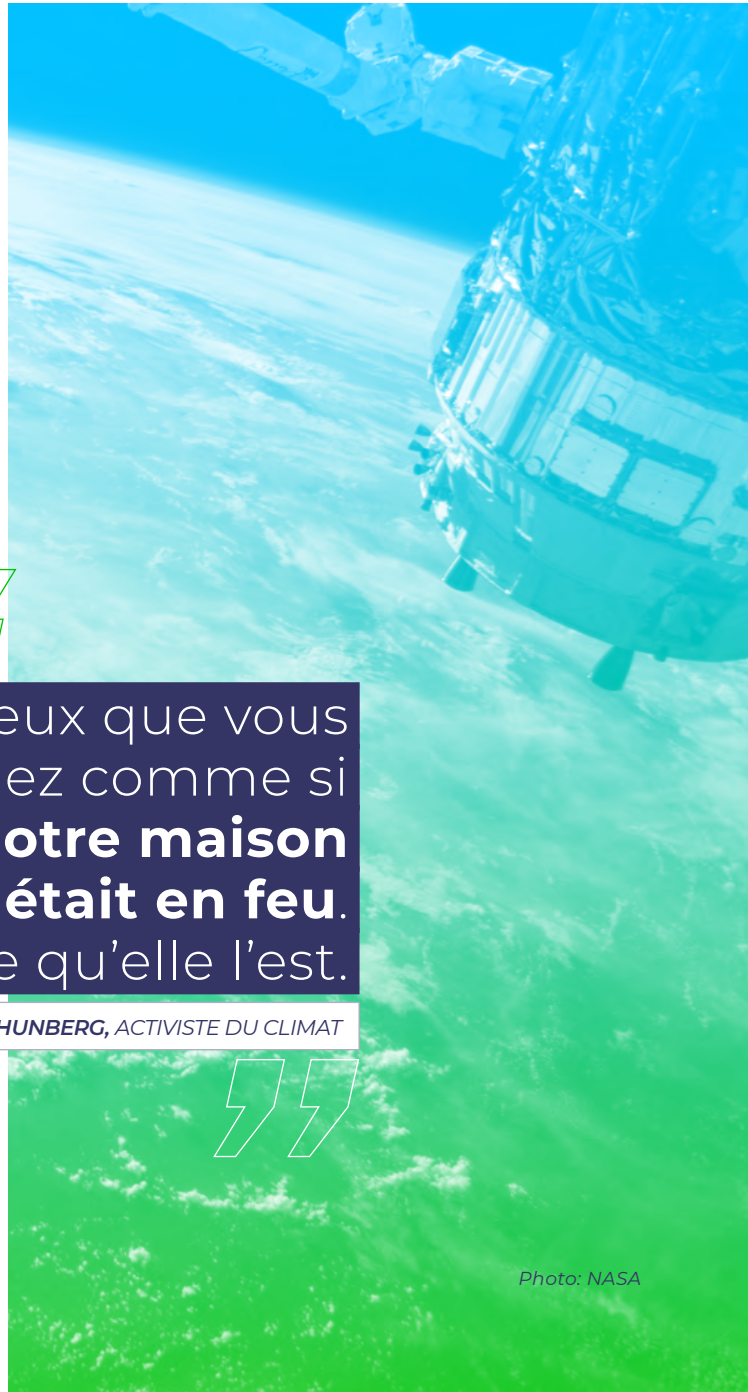
La vitesse et l'ampleur d'une telle transformation font qu'il n'existe littéralement aucun précédent historique. La plus proche comparaison serait un effort de guerre, qui mobilise une économie tout entière pour venir à bout d'une menace existentielle. Les investissements réalisés durant de telles époques ont favorisé l'émergence de la Silicon Valley et conduit au programme Apollo de conquête lunaire.

50 ans après Apollo 11, le monde a besoin d'un nouveau *moonshot* — inverser le cours du réchauffement climatique, et faire en sorte que la nature et l'humanité s'épanouissent. Cependant cette fois, aucune superpuissance ne pourra accomplir cette mission à elle seule. Nous sommes tous aux commandes à bord du Vaisseau Terre.

Les années 2020 seront décisives : le monde doit atteindre les ODD d'ici 2030, tout en réduisant de moitié les émissions mondiales de gaz à effet de serre. Dans le même temps, les périls technologiques pourraient accélérer notre perte. Au cours de la prochaine décennie, l'humanité devra éviter les écueils tout en faisant advenir des solutions radicalement innovantes aux grands défis mondiaux — les « cygnes verts » décrits par John Elkington, pionnier du développement durable.

En pleine émergence à travers le monde, le mouvement Impact Tech offre de nouveaux leviers pour réaliser les Objectifs de développement durable. Ce qui était notre intuition au démarrage du projet est désormais une conviction profonde: **la science, la technologie, l'entrepreneuriat à mission et la pensée systémique sont parmis nos meilleurs jokers**. Mais pour mener à terme le *moonshot* planétaire, l'Impact Tech devra démontrer son potentiel et passer à l'échelle.

Les 12 points ci-dessous vont dans ce sens. Nous les avons regroupés en deux catégories : (i) les actions visant à renforcer les capacités internes des entreprises et acteurs Impact Tech, et (ii) celles qui visent à renforcer les écosystèmes d'innovation.



> Je veux que vous agissiez comme si **notre maison était en feu**. Parce qu'elle l'est.
>
> ***GRETA THUNBERG,*** *ACTIVISTE DU CLIMAT*

Photo: NASA

Leadership de l'Impact Tech

1. Penser en systèmes et données.

Les approches réductionnistes sont incapables de venir à bout des problèmes les plus ardus. Leur résolution requiert une compréhension des dépendances systémiques, la distinction entre symptômes et causes racines, une capacité à prioriser les leviers sur lesquels intervenir, et l'anticipation des effets secondaires.

- **Se former à la pensée système** (ou se perfectionner)
- **Se familiariser avec les cadres essentiels** tels que les ODD, les limites planétaires, les cycles du carbone, ou l'économie circulaire
- **Appuyer la stratégie sur la science et données,** afin de prioriser les leviers de transformation les plus efficaces

2. Élever le niveau d'ambition.

Un nombre croissant d'entreprises communiquent sur leur « raison d'être, » leur mission sociétale. Avec raison : les entreprises avec un impact net positif seront les mieux placées pour attirer et retenir les talents, conquérir les marchés de demain, et conserver leur droit à exercer leur activité. Cependant, non seulement le nombre de ces entreprises doit augmenter rapidement, mais le niveau de leurs engagements doit être en phase avec l'effort à fournir face aux défis planétaires — un facteur 10 plutôt que 10%. Pour reprendre les revendications du mouvement Extinction Rebellion :

- **« Dites la vérité » :** reconnaître l'ampleur des crises sociales et environnementales dans la mission de l'entreprise
- **« Agissez maintenant » :** fixer des objectifs ambitieux à court et long termes pour y répondre. Cela nécessitera de s'extraire de la tyrannie des résultats financiers de court-terme pour se concentrer sur la création de valeur long-terme.

3. Adopter la gestion d'impact.

Les enseignements stratégiques dérivées de la gestion d'impact permettent de maximiser les retombées positives. Il est crucial que les innovateurs et investisseurs Impact Tech pensent et mesurent leur impact, avec l'aide de méthodes agiles intégrées à leurs activités (recherche, design, ingénierie, opérations, etc). Ils devraient également contribuer à la mise au point de pratiques spécialement adaptées aux sciences et à la technologie.

4. Miser sur l'atout de la diversité.

Au-delà d'un impératif moral, la diversité de profils et de compétences est un moyen reconnu de réduire les biais et les angles morts qui surgissent dans toute activité d'innovation. Par ailleurs, la diversité, l'interdisciplinarité et l'intelligence collective peuvent permettre l'émergence de solutions radicalement novatrices. Il est donc vital que les acteurs de l'Impact Tech soient exemplaires sur le sujet, en démarrant avec des principes simples.

5. Nouer des partenariats pour changer le système.

La collaboration, entre pairs et avec d'autres parties prenantes, permet aux entreprises de saisir des opportunités auparavant hors de portée, et de s'attaquer aux problèmes les plus inextricables — avec l'aide de l'Impact Tech.

- **Cartographier et rejoindre les réseaux**, clusters et consortiums les plus pertinents : par secteur, technologie, région, ou relatif au problème sociétal visé
- **Pratiquer une innovation ouverte « orientée résultats »** pour une coopération efficace entre startups et corporates. Tirez-en parti pour faire de l'innovation un levier non seulement de performance, mais aussi de résolution des défis planétaires. Adopter une gestion entrepreneuriale.
- **Soutenir les « entrepreneurs systémiques »** jouant le rôle de courroies de transmission, capables d'aligner les intérêts des différentes parties prenantes

Ecosystèmes Impact Tech

6. Elargir le vivier de talents.

Attirer les meilleurs talents est l'un des principaux challenges des entrepreneurs Impact Tech : parfois plus encore que le financement. Il est nécessaire de:

- **Repenser l'enseignement supérieur** pour intégrer dans le tronc commun des formations (d'ingénieur, de sciences, de design et de management) une introduction aux sciences environnementales, aux ODD, à la pensée systémique et à la résolution collaborative de problèmes complexes. Combiner théorie et projets.
- **Mettre en œuvre des programmes innovants de formation (initiale et continue) à l'Impact Tech**, combinant ingénierie, pensée systémique et sciences humaines
- **Promouvoir** les réussites et *role models* de l'Impact Tech
- **Attirer le soutien de mentors et experts** : entrepreneurs chevronnés, ingénieurs, scientifiques

"Le plus grand défi d'est d'attirer les meilleurs talents dans l'Impact Tech. Des personnes créatives et empathiques, avec un état d'esprit entrepreneurial, des compétences tech et business fortes, et qui comprennent la logique de l'impact investing."

Tharald Nustad,
Co-fondateur de Nordic Impact et Katapult.

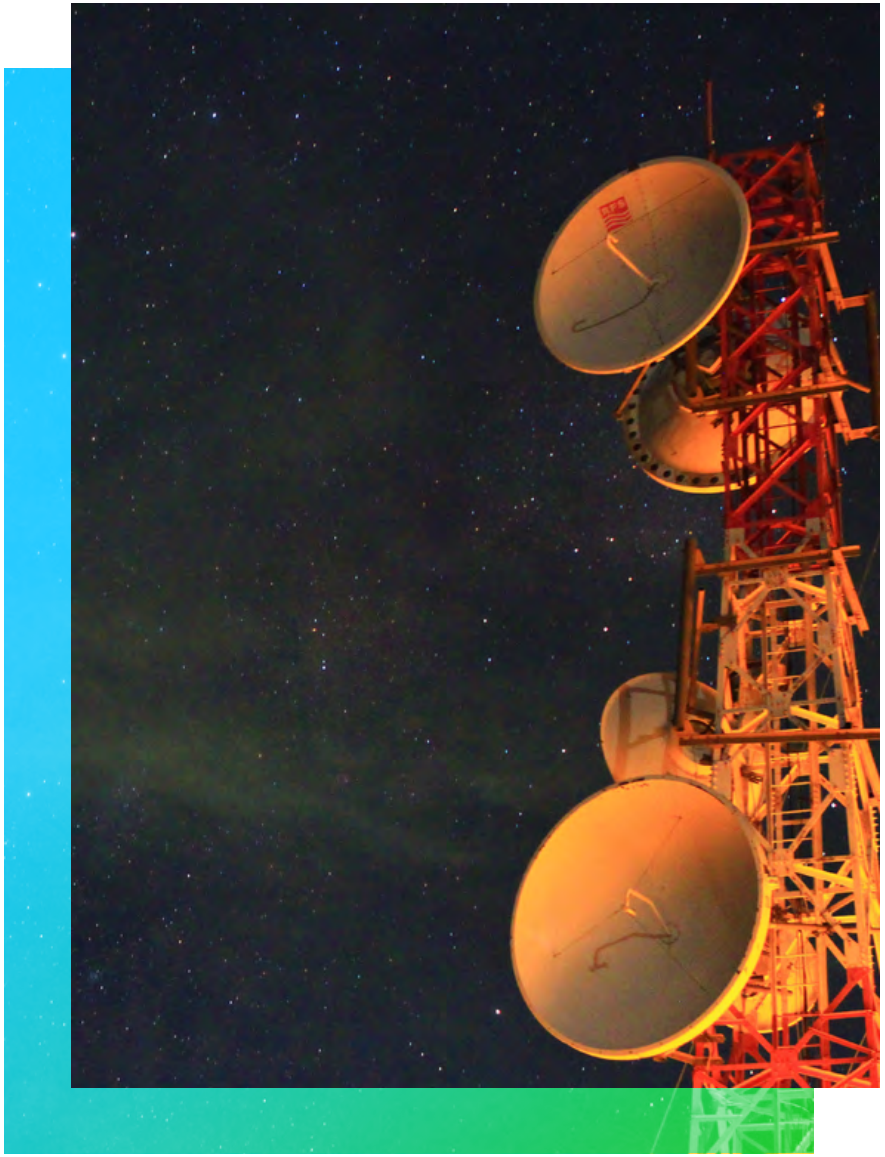


Photo: Atik sulianami

7. Augmenter les capacités de financement.

Le déficit annuel de financement des ODD est estimé à 2,5 milliards $. Les montants investis doivent donc changer d'échelle, y compris dans l'Impact Tech. Si les fonds publics ont un rôle crucial en *early-stage* (voir #10), l'investissement privé doit gagner en volume et en diversité d'outils financiers :

- **Les fonds d'*impact investing*** avec un accès privilégié à une expertise technologique suffisante et un *dealflow* adapté
- **Les fonds de *VC* (capital-risque)** avec une appétence pour l'impact et un accès aux compétences de gestion d'impact
- **Le capital patient** : fonds avec un horizon temporel flexible et long-terme (ex. 12-15 ans plutôt que les 7-8 ans habituels)
- **Les structures de fonds alternatives** telles que le financement basé sur les revenus, le financement mixte, la finance d'infrastructure ou les contrats à impact social
- **La philanthropie stratégique** visant à combler les déficits de financement, notamment en phase d'amorçage pour les startups à impact et à base scientifique (trop risquées pour les investisseurs classiques), ainsi que les projets Impact Tech à but non lucratif
- **Les initiatives transverses** visant à améliorer la diversité parmi les entrepreneurs qui parviennent à lever des fonds

8. Renforcer l'accompagnement de projets.

L'innovation prospère dans des écosystèmes denses, avec un accès facilité aux talents, capitaux, mentors, clients et fournisseurs de services. En agrégeant ces ressources, les *hubs* d'innovation jouent un rôle prépondérant dans ces écosystèmes. Il est souhaitable d'augmenter la disponibilité des incubateurs, accélérateurs, *company builders* et autres programmes de soutien à l'entrepreneuriat (PSE) de qualité, orientés Impact Tech.

- **Développer les compétences au sein des PSE existants** sur les thèmes des sciences environnementales, les ODD, la gestion d'impact et la pensée systémique.
- **Orienter les financements publics et philanthropiques** vers les PSE dont la mission est d'accompagner les projets visant à répondre aux grands défis mondiaux (climat, ODD, etc.). C'est d'autant plus crucial que beaucoup de PSE ont des difficultés financières, malgré leur valeur pour les écosystèmes.
- **Mettre en œuvre des PSE couvrant des cibles et des besoins peu couverts à l'heure actuelle** : projets en phase de maturation et changement d'échelle (*scale-ups*), entrepreneuriat scientifique, fondateurs aux profils sous-représentés, expérimentations et prototypes en situation réelle, initiatives systémiques impliquant de multiples parties prenantes.

9. Impliquer les grands groupes et les villes.

Compte tenu de leur poids économique et politique, les grands groupes et les collectivités ont un rôle essentiel à jouer dans le passage à l'échelle de l'Impact Tech, en tant que partenaires, clients, ou fournisseurs de solutions. Il leur faut :

- **Mettre en œuvre des programmes de formation** pour les cadres et les dirigeants, portant sur l'Impact Tech, les ODD, les sciences environnementales et la pensée systémique. Favoriser le partage de connaissances entre pairs.
- **Adopter les cinq mesures « *Impact Tech leadership* » :** ambition, diversité, partenariats, gestion d'impact, vision systémique.
- **Utiliser les achats et l'innovation ouverte comme leviers** pour soutenir les innovateurs Impact Tech : financement, accès aux clients, à l'expertise, aux brevets, aux projets pilotes, aux canaux de vente et de distribution, etc.

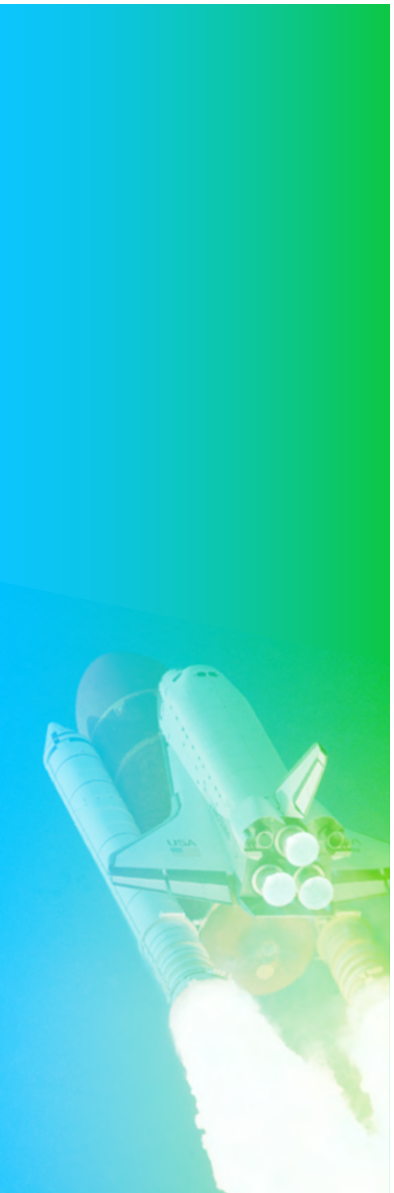
10. Orienter les marchés par l'action publique.

Les gouvernements nationaux et fédéraux disposent d'outils puissants pour faire advenir une économie décarbonée, régénératrice et inclusive dont le monde a tant besoin. En particulier, ils peuvent :

- **Mettre en œuvre une politique d'innovation « orientée mission »** préconisée par l'économiste Mariana Mazzucato, mobilisant des financements publics directs et des incitations pour le secteur privé, avec l'objectif d'orienter l'économie de l'innovation vers la réalisation des ODD.
- **Adapter la réglementation et la fiscalité** de manière à susciter un changement de comportement à grande échelle chez les consommateurs et les entreprises (ex. taxe carbone)
- **S'appuyer sur la commande publique** pour soutenir directement les innovateurs Impact Tech, tout en résolvant les problèmes du secteur public par la même occasion.

"La technologie seule ne pourra pas résoudre la crise climatique. Elle doit être utilisée de concert avec le levier politique et celui du changement de comportements. Ces trois leviers, ensemble, peuvent provoquer un changement systémique."

Owen Gaffney,
Auteur principal de Exponential Roadmap, Directeur Stratégie au Stockholm Resilience Centre



11. Mobiliser la recherche sur une trajectoire ambitieuse.

Les acteurs académiques, les entreprises, le secteur public, les organisations internationales et la société civile doivent travailler de concert pour :

- **Définir des feuilles de route à 10 ans** à toutes les échelles (pays, ville, organisation) et dans chaque secteur stratégique pour répondre aux défis planétaires, notamment climatique et écologique. Revisiter ces plans chaque année.
- **Mettre en place des agendas de recherche pluriannuels** définissant les priorités en R&D pour inventer, industrialiser et déployer les technologies nécessaires à cet effort.
- **Développer une culture de l'impact dans le milieu académique** pour maximiser la valeur sociétale de la recherche : gestion d'impact, mise en place d'incitations vers l'impact positif (ex. politique RH, critères de financement des projets)

12. Réinventer la coopération internationale.

L'Impact Tech est une réponse possible face aux « problèmes sans frontières » posés par le réchauffement climatique, l'atteinte des ODD, ou les menaces émergentes telles que l'antibiorésistance et les risques de sécurité liés à l'IA. Aucun pays ni aucune organisation ne pourra résoudre ces problème seul. Un renforcement de la coopération mondiale est nécessaire :

- **Adopter un modèle « plateforme » au sein des organisations internationales et des acteurs du développement**, de manière à mobiliser l'intelligence collective d'acteurs privés, publics, académiques et de la société civile.
- **Repenser les cadres de gouvernance internationale** dédiés aux technologies émergentes et aux risques existentiels

La Grande Transition

En cette période charnière, chacun a son rôle à jouer dans le *moonshot* planétaire. Toutes les parties prenantes devront intensifier leurs efforts : nous étudierons comment dans nos prochaines publications, portant sur les écosystèmes d'innovation Impact Tech. Nous nous pencherons notamment sur les stratégies des investisseurs, accélérateurs, grands groupes, universités, fondations, acteurs publics et organisations internationales.

Au-delà de ces publications, Good Tech Lab dévoilera prochainement de nouvelles activités et outils au service de notre mission : **maximiser et accélérer l'impact des réponses technologiques et systémiques aux urgences planétaires et climatique.** Pour les entreprises, l'enjeu est de dépasser la seule *« responsabilité sociale »* afin de transformer le cœur de métier et résister à l'épreuve du temps.

Plus que jamais, nous sommes convaincus que la science et la technologie peuvent aider à créer un futur souhaitable, dans lequel la planète et ses habitants s'épanouissent sans se nuire.

REMERCIEMENTS

L'équipe de Good Tech Lab exprime sa profonde gratitude envers les personnes et organisations sans qui cette étude n'aurait jamais été possible. Nos partenaires, les 450 contributeurs qui nous ont accordé un moment pendant les entretiens, ainsi que les personnes exceptionnelles qui nous ont soutenu de diverses façons.

Premièrement et avant tout, merci à nos partenaires stratégiques, qui ont financé notre travail, et les équipes qui nous ont accompagné depuis l'intérieur de ces organisations. Merci à Benoît Bailliard, Billy Dan, Chloé Beaumont, Frédéric Chevalier, Joe Speicher, Josepha Lerest, Hervé Pernin, Marina Rachline, Matthieu van der Elst, Matt Jackson, Thomas Ollivier, Valérie Martin, et Zoé Bezpalko.

Nous n'aurions jamais pu terminer ce rapport sans l'apport en expertise de nos différents complices, ainsi que les personnes qui ont passé des heures à en relire les premières moutures — sur un document de travail assez austère. En particulier, merci à Amanda Feldman, Arnaud de la Tour, Chris Monaghan, Matt Stokes, et Mélanie Marcel, dont les contributions ont été structurantes pour le résultat final. Anja Adler, Francesca Pick, Jo Fackler, Joe Murphy, Jonathan Hursh, Louis-David Benyayer, Mara Balestrini, Marc-David Choukroun, Rodrigo Bautista, et Roxane Bibard, méritent également une reconnaissance toute particulière pour leurs contributions et commentaires.

Nous souhaitions également remercier nos partenaires écosystèmes, et les personnes qui ont relayé notre travail dans leurs réseau, nous connectant avec des personnes à interviewer : Abbie Jung-Harada, Albert Cañigeral, Alexandre Bigot- Verdier, Alexandre Terrien, Alizée Lozachmeur, Akash Shukla, Alok Anil, Anna Warrington, Anne-Sophie Moroni, Banning Garret, Bertier Luyt, Bilal Ghalib, Brett Scott, Camila Carvalho, Carlota Calderon, Christian Villum, David Emery, David Li, Djoann Fal, Fabien Eychenne, Gabriela Agustini, Gwendolyn Regina, Harald Neidhardt, Insa Illgen, Isabela Cunha, Izumi Aizu, Jiehui Kia, Jocelyn Blériot, John Elkington, Jonathan Imme, Jorge Pacheco, Jules Peck, Primavera De Filippi, Joséphine Goube, Mark Penzel, Nancy Fechnay, Nettra Pan, Rui Quinta, Sam Applebee, Sarah Pedroza, Søren Stig, Tharald Nustad, Vivek Srinivasan, et Young-Jin Choi.

Enfin, cette aventure n'aurait jamais été possible sans le soutien inconditionnel de nos amis et des membres de nos familles : Angela Castilho, Asmaa Guedira, Béatrice and Freddy Tincq, Bianca Pick, Charles Waubant, Dominik Wind, Edwin Mootoosamy, Fabien Fauré, Fernanda Freitas, Florian Skrzypczyk, Françoise and Jean-Jacques Sinet, Guillaume Beaubatie, Henrique Barbosa, Hervé Blanc, Jennifer Leblond, Jérémie Blache, Joscha Winzer, Julien Ngo, Justine Tincq, Letícia Sudbrack, Manuela Yamada, Marc Boutoille, Marie-Laure and Bertrand Sulpice, Marlène Haberard, Maximilien Masson, Miléna Bigot-Verdier, Pierre Hérubel, Raphaël Sinet, Simon Kiepe, Téo Benjamin, Tristan Copley-Smith, Victoria Brito, et Washington Brito Jr.

ENTRETIENS

Priscilla Chimwele, AFIM, Ethiopia
Markos Lemma, Iceaddis, Ethiopia
Getnet Aseffa, I-Cog Labs, Ethiopia
Timnit Gebru, Microsoft Fairness Accountability Transparency and Ethics (FATE), Ethiopia
Nanjira Sambuli, Web Foundation, Kenya
Abiodun Dominic Odunuga, Bond'innov, Friends of Nigeria, Nigeria
Jon Stever, Impact Hub Kigali, Rwanda
Joshua Whale, Ampersand, Rwanda
Tim Thonhauser-Röhrich, Good Tech Ventures Africa, South Africa
Tao Zhang, Dao Ventures , China
Jelte Ansgar Wingender, Zhongguancun Innoway, Startup Grind, China
Tim Luan, Zhongguancun Innoway, China
Hassan Hbous, Dongsheng Science and Technology Park, China
Tal Badt, Tsinghua University X-Lab, China
Yuan Liu, ZhenFund, China
Kate Logan, Yale University Center for Industrial Ecology, formerly IPE Beijing, China
Luping Xu, Tsinghua University Open FIESTA, China
Yann Boquillod, AirVisual, China
Douglas Corley, DHB Global, China
Yuki Liu, Open Motors, China
Tin Liu, Open Motors, China
Joseph Zhou, Bits x Bites, China
Duncan Turner, HAX, China
Anant Raj Pathak, HAX, China
David Li, Shenzhen Open Innovation Lab, China
Valentina Xu, Future Tech Lab, China
Monica Shen, Seeed Studio, China
Shan Lu, Novarizer Institute, formerly Tsinghua LeaguerX, China
Marek Koys, Shenzhen Impact Community, China
Henk Werner, TroubleMaker, China
Jack Yeung, Serial entrepreneur, impact investor, Hong Kong
Jessie Lam, Brinc, Hong Kong
Cesar Jung-Harada, MakerBay, Hong Kong

Tony Verb, GreaterBay Ventures, Hong Kong
Joan Shang, RS Group, Hong Kong
Francis Ngai, Social Ventures Hong Kong, Hong Kong
Abbie Jung-Harada, Synergy Social Ventures, Hong Kong
David Yeung, Green Monday, Green Common, Hong Kong
Max Song, Kairos Society Hong Kong, Hong Kong
Tak Lo, Zeroth AI, Hong Kong
Tat Lam, Shanzhai City, Hong Kong
Tytus Michalski, Fresco Capital, Hong Kong
Jitendra Kumar, BioInnovation Centre, India
Taslimarif Saiyedt, CCAMP, India
Vikraman Venu, IKP Eden Bangalore, India
Aditya Misra, Omidyar Network, India
Nihal Ahmed, Limitless, formerly Round Glass, India
Dhruv Parikh, Social Alpha - Tata Trusts, India
Srikrishna Ramamoorthy, Unitus Ventures, India
Nagaraja Prakasam, Acumen, India
Manas Tiwari, Enable Makeathon, India
Sanjana Govindan Jayadev, Enable Makeathon and Social Venture Partners, India
Farish CV, NUMA Bengaluru, India
Vivek Srinivasan, Startups Club, India
Priya Balijepalli, Autodesk, India
Bose Varghese, InfoSys, India
Anirudh Sharma, Graviky Labs, India
Jyoti Thyagarajan, Meghshala, India
Anil Gupta, Honey Bee Network, SRISTI, GIAN, National Innovation Foundation, India
Vijay Nadiminti, NAARM a-IDEA Incubator, India
Nikhil Mahen, DBS Bank, formerly Lowe Innovation Lab, India
Todd Porter, EdgeOf, Japan
Tetsu Nakajima, Mistletoe, Japan
Hiro Nishiguchi, SDGs Holistic Innovation Platform (SHIP), Japan Innovation Network, Japan
Héctor García, DG Lab, Japan
Shingo Potier de la Morandière, Impact Hub Tokyo, Japan

Yuki Hashimoto, Future Earth, Japan
Fumiko Kasuga, Future Earth, Japan
Tim Romero, Disrupting Japan Podcast, Japan
Izumi Aizu, HyperNetwork Society, Japan
Yuji Fujimura, Autodesk, Japan
Tetsu Natsume, Sony, Japan
Yukiko Honma, Toyota, Japan
Kazunari Konishi, DBIC, Japan
Marc Lepage, Asian Development Bank, formerly UNDP, Philippines
Bobby Ngor, A*ccelerate - A*STAR, Singapore
Amra Naidoo, Accelerating Asia, formerly Muru-D, Singapore
Matthieu Vermersch, VisVires New Protein, Singapore
Steve Leonard, SGInnovate, Singapore
Tuan Nguyen, SGInnovate, Singapore
Jeremy Khoo, Found8, Singapore
Larry Tchiou, UNFRAMED, Singapore
Nicolas Payen, Future Economy Studio, Positive Energy, Singapore
Kineret Karin, Impactech, Singapore
Ernest Xue, Slate Alt, Singapore
Kimmy Paulino, Asian Venture Philanthropy Networ (AVPN), formerly Rainmaking, Singapore
Jasmine Chew, Asian Venture Philanthropy Network (AVPN), Singapore
Alfred Poon, Asian Venture Philanthropy Network (AVPN), Singapore
Jiehui Kia, Forum for the Future, Singapore
Jonathan Briggs, Hyper Island, Singapore
Epi Ludvik Nekaj, Crowdsourcing Week, Singapore
Katrina Uherova Hasbani, EnRupt, Singapore
Farah Sanwari, Sustainable Living Lab, Singapore
Stacey Choe, Asia Philanthropy Circle, Singapore
James Choi, formerly N15 Accelerator, South Korea
Ray Chen, B Current Impact Investment, Taiwan
Daniel Lin, FutureWard, Taiwan
Liang-Yi Chang, Plan B, Taiwan
Justin Yu, Plan B, Taiwan

Audrey Tang, Digital Minister, Taiwan, Taiwan
Wu Min Hsuan, Open Culture Foundation (g0v), Taiwan
Aining Ouyang, REnato Lab, Taiwan
Keenan Kwok, Aera VC, Thailand
Ted Poshakrishna Thirapatana, Creative Ventures, Thailand
Amarit Charoenphan, HUBBA, Techsauce, Thailand
Narith Phadungchai, ImpacTech, Thailand
Charle Charoenphan, HUBBA, Techsauce, Thailand
Fai Wechayachai, Aspen Network of Development Entrepreneurs (ANDE), Thailand
Shannon Kalayanamitr, Gobi Partners, Thailand
Viria Vichit-Vadakan, Learn Education, Thailand
Shuyin Tang, Patamar Capital, Vietnam
Cao Phong Duong, Officience, Vietnam
Nam Phuong Nguyen Luong, Officience, Vietnam
Nguyễn Bá Hải, Javi Coffee, Vietnam
Pierre-Alexandre Klein, Hackistan, Belgium
Rasmus Schjødt Pedersen, Sustainia, Denmark
Martin Larsen, Techfestival, formerly Sustainia, Denmark
Morten Nyegaard, Dalberg, Unleash, Denmark
Liza Chong, The Index Project, Denmark
Guillaume Charny-Brunet, Space10 - IKEA, Denmark
Carla Cammilla Hjort, Space10 - IKEA, Denmark
Alexander Moldt Nielsen, ALK, formerly Novozymes, Denmark
Daniel Albuquerque Cardinali, Novozymes, Denmark
Alfred Birkegaard Hansted, Novozymes, Denmark
Rasmus Bjerngaard, Nextfood, Denmark
Niels Fibæk-Jensen, Matter, Denmark
Christoffer Malling, InnoFounder, Danish Design Centre, Denmark
Ditte Lysgaard Vind, The Circular Way - Lendager, Denmark
Antti Vasara, VTT Technical Research Centre of Finland, Finland
Antti Vuolli, Stora Enso, Finland
Matthieu van der Elst, Michelin Ventures, France
François Corbin, Michelin, France
Nicolas Bazire, Michelin, France
Raffaele Duby, Decathlon, France
Simon Robert, Bpifrance, France
Gabriel Vergniaud, Bpifrance, France
Julie Peyrache, CapAgro, France
Matthieu Goudou, Irdi Soridec, formerly Demeter Partners, France
Niccolo Manzoni, Five Seasons Ventures, France
Alexandre Terrien, Future Positive Capital, France
Matthieu Humbersot, GreenTech Verte, France
Nicolas Hazard, INCO, France
Léo Le Naour, INCO, France
Marylène Vicari, Liberté Living Lab, France
Alizée Lozachmeur, MakeSense, France
Basile Michardière, MakeSense, France
Nicolas Colin, TheFamily, France
Gary Cige, Afir, formerly Usine IO, France
Gabrielle Thomas, BlackFin, formerly XAnge, France
Manon Gazzotti, XAnge, France
Laurence Méhaignerie, Citizen Capital, France
Pierre-Olivier Barennes, Citizen Capital, France
Thanh-Tam Lê, Climate KIC, France
Daniel Zimmer, Climate KIC, France
Nicolas Celier, Ring Capital, Investir & +, France
Anita Devoisins, Investir & +, France
Elodie Nocquet, Investisseurs & Partenaires, France
Thomas Landrain, JOGL, France
Mathilde Aglietta, ShareIT, France
Romain Dichampt, ShareIT, France
Jérôme Faul, Innovacom, France
François Taddei, Center for Reseach & Interdisciplinarity (CRI), France
Gaëll Mainguy, Center for Reseach & Interdisciplinarity (CRI), France
Stephan-Eloise Gras, OpenClassrooms, L'Oreille Innvation Lab, France
Primavera de Filippi, CNRS, Berkman-Klein Center at Harvard, France
Mélanie Marcel, SoScience, France
Roxane Bibard, SoScience, France
Chloé Bonnet, FiveByFive, France
Pierre-Etienne Franc, Air Liquide, France
Matthieu Eyries, ALIAD Venture Capital - Air Liquide, France
Jean-Christophe Laugée, InclusEO, formerly Danone, France
Paul de Chatelperron, Renault, France
Mickaël Desmoulins, Renault, France
François Rouvier, Renault MOBILIZE, France
Emmanuel Capitaine, AstraZeneca, formerly Sanofi France, France
François Milioni, Schneider Electric, France
Christophe Poline, Schneider Electric, France
Paul Duan, Bayes Impact, France
Christopher Santerre, L'increvable, France
Julien Phedyaeff, L'increvable, France
Guillaume Boissonat, Pili, France
Jérémie Blache, Pili, France
Marie-Sarah Adenis, Pili, France
Joséphine Goube, Techfugees, France
Frédéric Bordage, GreenIT.fr, France
Romain Paillard, LeWagon, France
Muriel Inizan, Legrand, France
Eric Philippon, FAMAE, France
Fabian Westerheide, Asgard, Germany
Ciaran O'Leary, BlueYard, Germany
Caleb Screpnek, Factory, Germany
Leon Reiner, Impact Hub Berlin, Germany
Gary Lin, Purple Orange Ventures, Germany
Jens Brückmann, Purple Orange Ventures, Germany
Savina van der Straten, Purple Orange Ventures, Germany
Matthias Treutwein, EnPact, Germany
Darina Onoprienko, Next Big Thing, Germany
Margaux Pelen, The Learning Studio, Germany
Florian Hoos, TU Berlin Centre for Entrepreneurship, Germany
Paula Schwartz, Pythagoras Academy, Germany
Allison Dring, Made of Air, Germany
Niclas Fritz, BatchOne, Germany
Young-Jin Choi, Phineo, Germany
Armin Steuernagel, Purpose Evergreen Capital, Germany
Hila Cohen, WFP Innovation, Germany
Julia Bacher, WFP Innovation, Germany
Jochen Herdrich, BonVenture, Germany
Lin Kayser, Hyperganic Technologies, Germany
Alexis Figeac, Centre for Sustainable Consumption and Production, Germany
Matteo Boccia, Make A Cube, Italy
Stefano Bernardi, Angel Investor, Token Economy, Italy
Michell Zappa, Envisioning IO, Italy
Mattia Montepara, Endeavor, Italy
Stephen Forte, Fresco Capital, Laudato Si' Challenge, Italy
Maurizio Rossi, H-Farm, Italy
Nastasja Hulst, Biomimicry Institute, formerly DOEN Foundation, Netherlands

Rune Theil, Rockstart, Netherlands
Freerk Bisschop, Rockstart, Netherlands
Mark Durno, Rockstart, Netherlands
Laura Cramer, Social Impact Ventures, Netherlands
Elisa Achterberg, Circle Economy, Sustainable Finance Lab, Netherlands
Daan Weddepohl, Peerby, Netherlands
Linda Vermaat, Postcode Lottery Green Challenge, Netherlands
Chris Monaghan, Metabolic, Netherlands
Georg Baunach, HATCH, Norway
Nina Heir, Katapult Accelerator, Norway
Tharald Nustad, Nordic Impact, Katapult, Norway
Søren Stig, Nordic Impact, Katapult, Norway
Ricardo Marvão, Beta-i, Portugal
Sofia Fernandes, Building Global Innovators, Portugal
Rita Casimiro, MAZE, Portugal
Bennet Barth, BMW Foundation, MAZE, Portugal
Sofia Melvill de Araújo , Inovisa, Portugal
Rui Quinta, With Company, Portugal
João Freire de Andrade, BIG Start Ventures, Portugal
Graça Fonseca, former Secretary of State for Administrative Modernisation, Portugal
Leonora Buckland, Ship2B, Spain
Mònica Fernández, Investor, formerly Mobile World Capital Barcelona, Spain
Miquel Marti, Barcelona Tech City, Spain
Gemma Galdon Clavell, Eticas, Spain
Mara Balestrini, Ideas For Change, Spain
Ian Collingwood, Pollen, Spain
Pablo Rodríguez, Alpha - Telefonica, Spain
Maurice Conti, Alpha - Telefonica, Spain
Helena Torras, B-Wom, Spain
Bruno Sanchez-Andrade Nuño, formerly Satellogic, Spain
Ricardo Michel Reyes, Quantum Labs, Spain
Agate Freimane, Norrsken, Sweden
Frida Siwe, Norrsken, Sweden
Fredrika Wessman, Norrsken, Sweden
Owen Gaffney, Stockholm Resilience Centre, Future Earth, Sweden
Sorosh Tavakoli, Noquo Foods, Sweden
Yann Ranchère, Anthemis, Switzerland
Nadia Isler, SDG Lab and UN Office at Geneva, Switzerland
Luis Rodrigues, Seedstars, Switzerland

Nettra Pan, EPFL, Switzerland
Joe Murphy, Ellen MacArthur Foundation, UK
Karl Richter, EngagedX, UK
Nancy Fechnay, BedrockX, formerly Flight Ventures, UK
Paul Miller, Bethnal Green Ventures, UK
Amanda Feldman, Impact Management Project, UK
Dominic Falcão, Deep Science Ventures, UK
Alice Bentinck, Entrepreneur First, UK
Nicki McGoh, Caribou Digital, formerly Global Innovation Fund, UK
Alex Pitt, Mustard Seed Impact, UK
Manish Miglani, Nesta Impact Investments, UK
Thomas Carruthers, Project Heather, formerly Impact Investment Network, UK
Tony Cross, Impact Investment Network, UK
Béla Hanratty, Align17, UK
Sarah Drinkwater, Omidyar Network, formerly Campus London, UK
Dan Sutch, CAST, UK
Mark Lazar, Public.io, UK
Mark Campanale, Carbon Tracker Initiative, UK
Vinay Gupta, Hexayurt Capital, UK
James Arbib, Rethink X, UK
Ana Florescu, Science Practice, UK
James King, Science Practice, UK
John Elkington, Volans, UK
Brett Scott, The Finance Innovation Lab, UK
Cassie Robinson, The National Lottery Community Fund, UK
Indy Johar, Dark Matter Laboratories, 00, UK
Alastair Parvin, Open Systems Lab, 00, UK
Koert Bakker, Sense Worldwide, UK
Jeremy Brown, Sense Worldwide, UK
Julien Cornebise, Element AI, UK
Véronique Trang, Unilever Foundry, UK
Julie Cobill, Unilever, UK
Matt Stokes, Nesta, UK
Peter Thirup-Baeck, Nesta, UK
Benjamin Combes, PwC, UK
Mike Mompi, ClearlySo, UK
Cecile Blilious, Impact First, Israel
Uri Weinheber, TheTime, Cathay Innovation, Israel
Loay Osama, Shamal Start, Jordan

David Santelli, Impact8, SVX, Canada
Jonathan Chaloux, Esplanade Montréal, Canada
Thibaud Marechal, TechAide, formerly Real Ventures, Canada
Marc-André Brulé, Caisse d'économie solidaire - Desjardins, Canada
Stéphanie Birbe, Caisse d'économie solidaire - Desjardins, Canada
Sébastien Paquet, Element AI, Canada
Clélia Cothier, Desjardins, Canada
Pierre-Luc Mongeau, Desjardins, Canada
Tima Gross, Impak Finance, Canada
Paul Allard, Impak Finance, Canada
Kevin Taylor, SVX - MaRS Centre for Impact Investing, Canada
Bridget Zhang, SVX - MaRS Centre for Impact Investing, Canada
Alexander Barclay, MaRS Investment Accelerator Fund, Canada
Claire Buré, MaRS Solutions Lab, Canada
Judith Symonds, SciencesPo, France
Brian Bell, Agora Partnerships, Mexico
Armando Laborde, New Ventures, Mexico
Guadalupe Itzel Villa Salinas, MIT Enterprise Forum México, formerly INADEM, Mexico
Emy Bernard-Makakalala, ALX, ALLVP, Mexico
Juan Del Cerro, Socialab, Mexico
Laura Ortiz Montemayor, SVX Mexico, Mexico
Sabina Malacón, Unreasonable México, Mexico
Natalie Vergara Giron, Kaya Impacto, Mexico
Camila Lecaros, MassChallenge, Mexico
Kaitlin King, NUMA, Mexico
Gabriel Cortina, Wayra México, Mexico
Mariana Mazzeo, Wingu, Mexico
Ximena Arrieta Borja, Wingu, Mexico
Ximena Arrieta, Wingu, Mexico
Chris Quintero, Bolt VC, USA
Joseph Steig, EcosVC, Greentown Learn, USA
Robby Bitting, MassChallenge, USA
Fady Saad, MassRobotics, USA
Aymar Guespereau, MIT Media Lab, USA
Alexander Dale, MIT Solve, USA
Alexandra Amouyel, MIT Solve, USA
Brennan Lake, Cuebiq, formerly Technology Exchange Lab, USA
Éadaoin Ilten, Technology Exchange Lab, USA
Emily Eastman, Global Accelerator Learning Initiative (GALI), USA

David Cohen, TechStars, USA
David Smith, Unreasonable, USA
Paul Scott, ASME, USA
Heather Fleming, Catapult Design, Change Labs, USA
Keith Harrington, Novel Growth Partners, USA
Amisha Miller, PhD Student at Boston University, formerly Kauffman Foundation, USA
Hannah Wright Calhoon, Blue Ridge Labs - Robin Hood Foundation, USA
Ron Gonen, Closed Loop Partners, USA
Albert Wenger, Union Square Ventures, USA
Nick Grossman, Union Square Ventures, USA
Alexander Goodman, 118 Capital, USA
Sage Ramadge, Impact advisor, formerly Company, USA
Vanessa Grellet, ConsenSys, Nexus, USA
Carmen Féliz-Taveras, Endeavor, USA
Lili Torok, Endeavor, USA
Steven Kuyan, NYU Tandon Future Labs, USA
Anna Heckenlively, The B Team, USA
Rosedel Davies-Adewebi, Morgan Stanley, formerly UN Global Compact, USA
Rodrigo Bautista, Forum for the Future, USA
Arun Sundarajan, NYU, USA
Anders Aabo, Sorenson Impact, USA
Maurizio Vecchione, Global Good by Intellectual Ventures, USA
Rui Ma, Transformative Technology Lab, USA
Ilan Gur, Cyclotron Road, Berkeley, USA
Beth Zotter, Cyclotron Road, Berkeley, USA
Seth Bannon, Fifty Years, USA
Bryce Roberts, IndieVC, O'Reilly AlphaTech Ventures (OATV), USA
Ron Shigeta, Wild Earth, formerly IndieBio, USA
Jun Axup, IndieBio, USA
Bilal Zuberi, Lux Capital, USA
Andrew Beebe, Obvious Ventures, USA
Pascal Finette, Singularity University, Radical, USA
Darlene Damm, Singularity University, USA
Monique Giggy, Singularity University, USA
Barbara Minuzzi, Babel Ventures, USA
Nicholas Fusso, D-Prize, USA
Kaethe Henning, Dragon Innovation, formerly Highway1, USA
Catha Groot, Radicle Impact Partners, USA
Julie Lein, Urban Innovation Fund, USA

Navi Radjou, Innovation scholar, author, USA
Shashi Buluswar, Institute for Transformative Technologies, UC Berkeley, USA
Mark Bünger, InnovationLab, formerly Lux Research, USA
Alison Fort, Toniic, USA
Elyse Lipman, Centre for the Fourth Industrial Revolution - World Economic Forum, USA
Tito Jankowski, Airminers, Impossible Labs, USA
Avary Kent, Conveners.org, USA
Chantal Buard, Impact Atlas, USA
Marc Penzel, Startup Genome, USA
Sara Olsen, SVT Group, USA
Michael Selden, Finless Foods, USA
Akseli Virtanen, Economic Space Agency, USA
Vienna Rae-Looi, Zero Degree Project, formerly Economic Space Agency, USA
Andrés Ochoa, OneSkin, USA
Juan Luis Palma Dominguez, Capria, USA
Alan Gershenfeld, E-Line Media, USA
Astrid Scholz, Sphaera Solutions, USA
Zem Joaquin, Near Future Summit, USA
Natalie Foster, Economic Security Project, USA
Cassie Hoffman, Conservation X Labs, USA
Dustin Shay, Village Capital, USA
Sheldon Himelfarb, PeaceTech Lab, USA
Banning Garrett, Singularity University, consultant to the UN and the World Bank, USA
Bill Carter, Ashoka, USA
Omar Khalifa, iAccelerate, Australia
Nathaniel Calhoun, Code Innovation and Singularity University, New Zealand
Matías Peire, Grid Exponential, Argentina
Nora Palladino, NXTP Labs, Argentina
Luis Figueroa, NXTP Labs, Argentina
René Labarthe, STORM Network, Argentina
Fernando Chuit, Celeris Impact Fund, Grupo Pegasus, Argentina
Rosario Semenzato, Socialab, Argentina
Juan Dalceggio, XPand, Grupo Clarin, Argentina
Javier Cerra, Espacio Bitcoin, Argentina
Rodolfo Andragnes, Espacio Bitcoin, Argentina
Carolina Hadad, Chicas en Tecnología, Argentina
Anabella Di Stefano, Buenos Makers, Argentina
Natalia Gonzalez Trajtman , Buenos Makers, Argentina
Santiago Marchetti, Buenos Makers, Argentina

Gonzalo Sierra, Machi, Argentina
Iana Barenboim, Olabi, MUVA (Oxford Policy Management), Brazil
Gabriela Agustini, Olabi, Brazil
Camila Carvalho, Tem Açucar, Brazil
Rosana Jamal, Baita, Brazil
Flavio Pripas, Redpoint eVentures, formerly CUBO - Itaú, Brazil
Eduardo Lopes, Estação Hack - Facebook, Brazil
Guy Perelmuter, Grids Capital, Brazil
Jorge Pacheco, PLUG, Sangha Investments, Brazil
Humberto Matsuda, Performa Investimentos, Brazil
Carol Aranha, Pipe Social, Brazil
Mariana Fonseca, Pipe Social, Brazil
Manoel Lemos, Redpoint eVentures, Brazil
Francisco Jardim, SP Ventures, Brazil
Daniel Izzo, VOX Capital, Brazil
Andre Wongtschowski, World-Transforming Technologies (WTT), Brazil
Edson Marqueto Rigonatti, Astella, Brazil
Vitor Belota, Grupo Anga, formerly Civi-Co, Brazil
Pablo Handl, Impact HUB São Paulo, Brazil
Marina Carolina Lacombe, formerly Indicator Capital, Brazil
Fabio Iunis De Paula, Indicator Capital, Brazil
Thomas Bittar, Indicator Capital, Brazil
Derek Bittar, Indicator Capital, Brazil
Frederico Rizzo, Kria, Brazil
Rogério Tamassia, Liga Ventures, Brazil
Lourenço Bustani, Mandalah, Brazil
Roberto Martini, FlagCX, Brazil
Leonardo Garnica, Natura, Brazil
Guilherme Dal Lago, Raízen, Brazil
Regina Magalhães, Schneider Electric, Brazil
Camila Achutti, MasterTech, Brazil
Daniela Klaiman, Unlock the Future, Brazil
Sofía del Sante, EY, formerly Start-Up Chile, Chile
Álvaro Cercós, Emprediem, Chile
Trinidad Ffrench-Davis Bascuñán, Emprediem, Chile
Anne Thibault, Abdul Latif Jameel Poverty Action Lab (J-Pal), Chile
Pablo Rodriguez, Festival Internacional de Innovación Social (FISS), Chile
Beno Juarez, Fab Lab Lima, Peru

BIBLIOGRAPHIE

AVANT-PROPOS

Rams, D. (n.d.). The power of good design. Vitsœ. Retrieved from https://www.vitsoe.com/rw/about/good-design

INTRODUCTION : VISER LA LUNE

Stockholm Resilience Centre. (n.d.). The nine planetary boundaries. *Stockholm Resilience Centre*. Retrieved from https://www.stockholmresilience.org/research/planetary-boundaries/planetary-boundaries/about-the-research/the-nine-planetary-boundaries.html

Revkin, A. C. (2016, October). An Anthropocene journey. *Anthropocene*. Retrieved from http://www.anthropocenemagazine.org/anthropocenejourney/

Hausfather, Z. (2018, October 8). Analysis: Why the IPCC 1.5C report expanded the carbon budget. *Carbon Brief*. Retrieved from https://www.carbonbrief.org/analysis-why-the-ipcc-1-5c-report-expanded-the-carbon-budget

Plumer, B., & Popovich, N. (2018, October 7). Why half a degree of global warming is a big deal. *The New York Times*. Retrieved from https://www.nytimes.com/interactive/2018/10/07/climate/ipcc-report-half-degree.html

Wallace-Wells, D. (2018, October 10). UN says climate genocide is coming. It's actually worse than that. *Intelligencer*. Retrieved from http://nymag.com/intelligencer/2018/10/un-says-climate-genocide-coming-but-its-worse-than-that.html

Azhar, G. S. (2017, December 19). Climate change will displace millions in coming decades. Nations should prepare now to help them. *The Conversation*. Retrieved from https://theconversation.com/climate-change-will-displace-millions-in-coming-decades-nations-should-prepare-now-to-help-them-89274

Holder, J., Kommenda, N., & Watts, J. (2017, November 3). The three-degree world: The cities that will be drowned by global warming. *The Guardian*. Retrieved from https://www.theguardian.com/cities/ng-interactive/2017/nov/03/three-degree-world-cities-drowned-global-warming

Steffen, W., Rockström, J., Richardson, K., Lenton, T. M., Folke, C., Liverman, D., ... Schellnhuber, H. J. (2018). Trajectories of the earth system in the Anthropocene. In Proceedings of the National Academy of Sciences. USA: National Academy of Sciences

IPBES secretariat. (2018). Media release: Worsening worldwide land degradation now 'critical', undermining well-being of 3.2 billion people. IPBES . Retrieved from https://www.ipbes.net/news/media-release-worsening-worldwide-land-degradation-now-%E2%80%98critical%E2%80%99-undermining-well-being-32

Davis, S. (2015, December 2). Soil loss: An unfolding global disaster. The University of Sheffield. Retrieved from https://www.sheffield.ac.uk/news/nr/soil-loss-climate-change-food-security-sheffield-university-1.530115

Ceballos, G., Ehrlich, P. R., Barnosky, A. D., García, A., Pringle, R. M., & Palmer, T. M. (2015). Accelerated modern human-induced species losses: Entering the sixth mass extinction. Science Advances, 1(5), e1400253. doi:10.1126/sciadv.1400253

World Economic Forum, Ellen MacArthur Foundation and McKinsey & Company. (2016). The new plastics economy: Rethinking the future of plastics. Retrieved from Ellen MacArthur Foundation website: https://www.ellenmacarthurfoundation.org/assets/downloads/EllenMacArthurFoundation_TheNewPlasticsEconomy_Pages.pdf

Future Earth, Sitra. (2018). The Exponential Climate Action Roadmap. San Francisco, CA. Retrieved from https://exponentialroadmap.org/wp-content/uploads/2018/09/Exponential-Climate-Action-Roadmap-September-2018.pdf

The Intergovernmental Panel on Climate Change. (2018, October 8). Summary for Policymakers of IPCC Special Report on Global Warming of 1.5°C approved by governments. IPCC. Retrieved from https://www.ipcc.ch/2018/10/08/summary-for-policymakers-of-ipcc-special-report-on-global-warming-of-1-5c-approved-by-governments/

Ellen MacArthur Foundation, SYSTEMIQ. (2017). "Achieving 'Growth Within': A €320-Billion Circular Economy Investment Opportunity Available to Europe up to 2025". Retrieved from https://www.ellenmacarthurfoundation.org/assets/downloads/publications/Achieving-Growth-Within-20-01-17.pdf

Smith, L., & Roberts, R. (2018). Our carbon future: Reversing global warming while delivering shared prosperity. Retrieved from Volans website: http://carbonproductivity.com/wp-content/uploads/Our-Carbon-Future-White-Paper.pdf

Ellen MacArthur Foundation. (2017). Concept: What is a circular economy? A framework for an economy that is restorative and regenerative by design. Ellen MacArthur Foundation. Retrieved from https://www.ellenmacarthurfoundation.org/circular-economy/concept

UN DESA. (2018, May 1). 68% of the world population projected to live in urban areas by 2050, says UN. UN DESA [New York]. Retrieved from https://www.un.org/development/desa/en/news/population/2018-revision-of-world-urbanization-prospects.html

World Health Organization. (2018, February 7). Drinking-water. WHO. Retrieved April 18, 2019, from https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/drinking-water

International Energy Agency. (2017). World Energy Outlook 2017. Retrieved from IEA website: https://www.iea.org/weo2017/

World Economic Forum. (2017). Shaping the future of global food systems: A scenarios analysis (REF030117). Retrieved from World Economic Forum website: http://www3.weforum.org/docs/IP/2016/NVA/WEF_FSA_FutureofGlobalFoodSystems.pdf

Lawson, M., Chan, M., Rhodes, F., Butt, A. P., Marriott, A., Ehmke, E., ... Gowland, R. (2019). Public good or private wealth? Retrieved from Oxfam website: https://oxfamilibrary.openrepository.com/bitstream/handle/10546/620599/bp-public-good-or-private-wealth-210119-summ-en.pdf

Raworth, K. (2017). Doughnut economics: seven ways to think like a 21st century economist. White River Junction, Vermont: Chelsea Green Publishing.

Business & Sustainable Development Commission. (2017). Better business better world. Retrieved from Business & Sustainable Development Commission website: http://report.businesscommission.org/uploads/BetterBiz-BetterWorld_170215_012417.pdf

Hawken, P. (2017). Drawdown: The most comprehensive plan ever proposed to reverse global warming. New York, New York: Penguin Books.

McKibben, B. (2016, August 15). A world at war. The New Republic. Retrieved from https://newrepublic.com/article/135684/declare-war-climate-change-mobilize-wwii

Schwab, K. (2017). The fourth industrial revolution. New York, NY: World Economic Forum.

L'ÉMERGENCE DE L'IMPACT TECH

IMPACT TECH : DÉFINITION

Stokes, M., Baeck, P., & Baker, T. (2017). What next for digital social innovation? Nesta. ISBN: 978-1-84875-160-6. Retrieved from https://media.nesta.org.uk/documents/dsi_report.pdf

Kaplan, D., Francou, R., Bouvais, W., Demailly, D., Thoinet, Y., & Tincq, B. (2017). Référentiel Innovation Facteur 4. Fing. Retrieved from http://fing.org/?Le-referentiel-Innovation-Facteur&lang=en

Byrne, C. (2015, November 8). Welcome to PeaceTech, the movement to use technology to end violent conflict and extremism. Fast Company. Retrieved from https://www.fastcompany.com/3047534/welcome-to-peacetech-the-movement-to-use-technology-to-end-violent-conflict-and-extremism

Impact Management Project. (n.d.). Building global consensus on how to measure and manage impact. Retrieved April 15, 2019, from https://impactmanagementproject.com/

Techfestival. (2017). The Copenhagen Letter. Retrieved April 15, 2019, from https://copenhagenletter.org/

Meikle, A.; Sugden, J. (2015, July). Technology Justice Policy Briefing. Introducing Technology Justice: A new paradigm for the SDGs. Practical Action.

Techfestival. (n.d.). The Copenhagen Catalog. Retrieved April 15, 2019, from https://www.copenhagencatalog.org/

Center for Humane Technology. (n.d.). Our society is being hijacked by technology. Retrieved April 15, 2019, from http://humanetech.com/problem/

The Canadian Tech Community. (2018). Tech for good: A declaration by the Canadian Tech Community. Retrieved from The Canadian Tech Community website: https://canadianinnovationspace.ca/wp-content/uploads/2018/07/Tech-for-Good-Declaration-PDF.pdf

Dillet, R. (2018). 50 tech CEOs come to Paris to talk about tech for good. TechCrunch [Paris]. Retrieved from https://techcrunch.com/2018/05/23/50-tech-ceos-come-to-paris-to-talk-about-tech-for-good/

Rolland, P. (2018, May 22). Sommet "Tech for Good" : Macron accusé de servir la soupe aux géants du Net américains. La Tribune. Retrieved from https://www.latribune.fr/technos-medias/sommet-tech-for-good-macron-accuse-de-servir-la-soupe-aux-geants-du-net-americains-779200.html

Bank, D. (2018, September 10). Beware cures for 'impact-washing' that may be worse than the disease (podcast). ImpactAlpha. Retrieved from https://impactalpha.com/beware-cures-for-impact-washing-that-may-be-worse-than-the-disease-podcast/

Waldman, P., Chapman, L., & Robertson, J. (2018, April 19). Palantir knows everything about you. Bloomberg Businessweek. Retrieved from https://www.bloomberg.com/features/2018-palantir-peter-thiel/

Tech Philanthropists. (n.d.). Inside Philanthropy. Retrieved from https://www.insidephilanthropy.com/tech-philanthropy-guide/

Buckland L., Pont X. (2017). Harnessing Technology for Exponential Social Impact. Ship2B. Retrieved from https://issuu.com/fundacionship2b/docs/estudio-ship2b-231117-web (Due 30 Mar 2019)

PwC. (2017). SDG Reporting Challenge: Exploring business communication on the global goals. Retrieved from https://www.pwc.com/gx/en/sustainability/SDG/pwc-sdg-reporting-challenge-2017-final.pdf

Paynter, B. (2018, July 2). America's top 50 donors show how tech riches continue to shake up philanthropy. Fast Company. Retrieved from https://www.fastcompany.com/40527428/americas-top-50-donors-show-how-tech-riches-continue-to-shake-up-philanthropy

Founder's Pledge. (n.d.). Home. Retrieved April 15, 2019, from https://founderspledge.com/

Bannon, S. (2015). Impact is the new mobile. TechCrunch. Retrieved from https://techcrunch.com/2015/10/02/impact-is-the-new-mobile/

Systrom, N., Kearney, S., & Murray, F. (2015). Foundations: exploring the emerging practice of philanthropic investing to support innovation in science and engineering. Retrieved from PRIME Coalition website: https://innovation.mit.edu/assets/MIT-PRIME_Foundations.pdf

Larsson, N. (2016, April 4). How satellites are being used to expose human rights abuses. The Guardian. Retrieved from https://www.theguardian.com/global-development-professionals-network/2016/apr/04/how-satellites-are-being-used-to-expose-human-rights-abuses

Virtual reality 360 film shows Rohingya's plight. (2017, December 13). Al Jazeera. Retrieved from https://www.aljazeera.com/news/2017/12/virtual-reality-360-film-shows-rohingya-plight-171212104721866.html

Carter, B. (2018, January 2). 2018 New Year's Resolution: Accelerate Social Scipreneurship! LinkedIn. Retrieved from https://www.linkedin.com/pulse/2018-new-years-resolution-accelerate-social-bill-carter/

Falcão, D. (2018, May 21). A new story for Science entrepreneurship. Medium. Retrieved from https://medium.com/deepscience/a-new-story-for-science-entrepreneurship-43ea9018eeae

United Nations. (2019). Technology and innovation report 2018: Harnessing frontier technologies for sustainable development. Retrieved from UNCTAD website: https://unctad.org/en/PublicationsLibrary/tir2018_en.pdf

Wilson, G. E. (2016, July 18). There's a $2.5 trillion development investment gap. Blended finance could plug it. World Economic Forum. Retrieved April 18, 2019, from https://www.weforum.org/agenda/2016/07/blended-finance-sustainable-development-goals/

United Nations Development Programme, & Stichting Global Reporting Initiative. (2016). Measuring impact: How business accelerates the sustainable development goals. Retrieved from UNDP & GRI website: https://www.globalreporting.org/resourcelibrary/Meassuring%20Impact_BCtA_GRI.pdf

Ahmed, N. (2018, September 12). This is how UN scientists are preparing for the end of capitalism. Indipendent. Retrieved from https://www.independent.co.uk/news/long_reads/capitalism-un-scientists-preparing-end-fossil-fuels-warning-demise-a8523856.html

Mason, P. (2015, July 17). The end of capitalism has begun. The Guardian. Retrieved from https://www.theguardian.com/books/2015/jul/17/postcapitalism-end-of-capitalism-begun

Bank, D. (2018, March 20). European supertankers of finance chart a course to a different future. ImpactAlpha. Retrieved from https://impactalpha.com/european-supertankers-of-finance-chart-a-course-to-a-different-future-75686856015a/

Mankins, M., Harris, K., & Harding, D. (2017, March). Strategy in the age of superabundant capital. Harvard Business Review. Retrieved from https://hbr.org/2017/03/strategy-in-the-age-of-superabundant-capital

Price, D. (2018, February 23). CalPERS' chief investment officer: the SDGs are a "gift to investors". ImpactAlpha. Retrieved from https://impactalpha.com/calpers-chief-investment-officer-the-sdgs-are-a-gift-to-investors-c5bb85136ed9/

Central bank chiefs sound warning on climate change. (n.d.). Financial Times. Retrieved from https://www.ft.com/content/888616d6-3b07-11e8-b7e0-52972418fec4

Principles for Responsible Investment. (2017, October 12). Macro risks: Universal ownership. PRI Association. Retrieved from https://www.unpri.org/sdgs/the-sdgs-are-an-unavoidable-consideration-for-universal-owners/306.article

Circle Economy, PGGM, KPMG, WBCSD, & EBRD. (2018). Linear risks: How business as usual is a threat to companies and investors. Retrieved from Circle Economy website: https://www.circle-economy.com/wp-content/uploads/2018/06/FINAL-linear-risk-20180613.pdf

Deloitte. (2018). 2018 Deloitte Millennial Survey. Retrieved from Deloitte website: https://www2.deloitte.com/global/en/pages/about-deloitte/articles/millennialsurvey.html

Murray, S. (2018, February 2). Why giving back is the best way forward for businesses. The Guardian. Retrieved from https://www.theguardian.com/careers/2018/feb/02/why-giving-back-is-the-best-way-forward-for-businesses

Murray, T. (2017, September 20). ROE (return on environment) is the new ROI: How sustainability drives business success. Forbes. Retrieved from https://www.forbes.com/sites/edfenergyexchange/2017/09/20/roe-return-on-environment-is-the-new-roi-how-sustainability-drives-business-success/#5e82bf887eb5

Curtin, M. (2018, March 30). 73 percent of millennials are willing to spend more money on this 1 type of product. Inc. Retrieved from https://www.inc.com/melanie-curtin/73-percent-of-millennials-are-willing-to-spend-more-money-on-this-1-type-of-product.html

Radjou, N. (2018, November 14). More than 20,000 French students have pledged to not work for polluting companies. Fast Company. Retrieved from https://www.fastcompany.com/90267447/more-than-20000-french-students-have-pledged-to-not-work-for-polluting-companies

Accenture. (n.d.). Intergenerational wealth transfer challenges. Accenture. Retrieved from https://www.accenture.com/gb-en/insight-capitalizing-intergenerational-shift-wealth-capital-markets-summary

Morgan Stanley & Co LLC. (2017). Sustainable signals: New data from the individual investor. Retrieved from Morgan Stanley website: https://www.morganstanley.com/pub/content/dam/msdotcom/ideas/sustainable-signals/pdf/Sustainable_Signals_Whitepaper.pdf

West, S. (2018, June 28). Meeting millennial expectations in these four areas of technology. Forbes. Retrieved from https://www.forbes.com/sites/forbestechcouncil/2018/06/28/meeting-millennial-expectations-in-these-four-areas-of-technology/#6a03cf474ffc

STRATÉGIES IMPACT TECH

Vexler, D. (2017, June 22). What exactly do we mean by systems?. Stanford Social Innovation Review. Retrieved from https://ssir.org/articles/entry/what_exactly_do_we_mean_by_systems

Keating, J. (2009, September 9). Why did one laptop per child fail?. Foreign Policy. Retrieved from https://foreignpolicy.com/2009/09/09/why-did-one-laptop-per-child-fail/

Robertson, A. (2018, April 16). OLPC's $100 laptop was going to change the world — then it all went wrong. The Verge. Retrieved from https://www.theverge.com/2018/4/16/17233946/olpcs-100-laptop-education-where-is-it-now

De Luis, S. C. (2018). A systematic review of 10 years of the ceibal plan in Uruguay. Didáskomai - Journal of the Institute of Education, 1(8), 85-102. Retrieved from http://didaskomai.fhuce.edu.uy/index.php/didaskomai/article/view/29

Design Kit. (n.d.). Methods. Retrieved April 19, 2019, from http://www.designkit.org/methods

Deloach, S. V. (2018, January 17). Key strategies for 'social startup success': A Q&A with Spark Co-founder Kathleen Kelly Janus [Web log post]. Retrieved from NextBillion website: https://nextbillion.net/key-strategies-for-social-startup-success-a-qa-with-spark-co-founder-kathleen-kelly-janus/

Human-centered design. (2008, December 17). In Wikipedia. Retrieved April 18, 2019, from https://en.wikipedia.org/wiki/Human-centered_design

Mazzucato, M. (2018). Mission-oriented research & innovation in the European Union: A problem-solving approach to fuel innovation-led growth. Retrieved from European Union website: https://ec.europa.eu/info/sites/info/files/mazzucato_report_2018.pdf

BreatheLife. (n.d.). The Issue. Retrieved April 19, 2019, from http://breathelife2030.org/the-issue/

Lavars, N. (2018, January 30). Pollution-sucking smog free tower makes its way to Poland [Web log post]. Retrieved from New Atlas website: https://newatlas.com/pollution-smog-free-tower-poland/53172/

Peters, A. (2018, April 20). The revolutionary giant ocean cleanup machine is about to set sail. Fast Company. Retrieved from https://www.fastcompany.com/40560810/the-revolutionary-giant-ocean-cleanup-machine-is-about-to-set-sail

Impact Management Project. (n.d.). What is impact?. Retrieved April 19, 2019, from https://impactmanagementproject.com/impact-management/what-is-impact/

Science Based Targets. (n.d.). Retrieved April 19, 2019, from https://sciencebasedtargets.org

Berman, A. E. (2016, November 17). How to invent sadical solutions to huge problems. Medium. Retrieved from https://medium.com/singularityu/how-to-invent-radical-solutions-to-huge-problems-745d82076649a

Singularity University. (n.d.). The Exponential Primer. Retrieved April 19, 2019, from https://su.org/concepts/

Starr, K., & Coussa, G. (2018, April 6). Enough innovation already! Stanford Social Innovation Review. Retrieved from https://ssir.org/articles/entry/enough_innovation_already

Shuttleworth Foundation. (2013). Open Philosophy [Vimeo Video file]. Retrieved from https://vimeo.com/54762523

Day, R. (2017, August 25). The latest wave of cleantech investing has washed over us. Here's what is left in its wake [Web log post]. Retrieved from Greentech Media website: https://www.greentechmedia.com/articles/read/the-latest-wave-of-cleantech-investing-has-washed-over-us

Hoffman, R., & Yeh, C. (2018). Blitzscaling: The lightning-fast path to building massively valuable companies. New York, NY: HarperCollins.

Forum for the Future. (2018, April 18). System change collaborations. Retrieved April 19, 2019, from https://www.forumforthefuture.org/Pages/Category/system-change-collaborations

Kania, J., & Kramer, M. (2011, Winter). Collective impact. Stanford Social Innovation Review. Retrieved from https://ssir.org/articles/entry/collective_impact

Wicked problem. (2004, November 21). In Wikipedia. Retrieved April 17, 2019, from https://en.wikipedia.org/wiki/Wicked_problem

United Nations Development Programme. (2018). Moon shots & puddle jumps - Innovation for the Sustainable Development Goals. Retrieved from UNDP website: https://www.undp.org/content/undp/en/home/librarypage/development-impact/undp-innovation-facility-year-in-review.html

Quinn, T. (2018, October 29). Low Tech, High impact: An affordable, hand-powered innovation aims to boost food production in Africa [Web log post]. Retrieved from NextBillion website: https://nextbillion.net/low-tech-high-impact-food-production-africa/

Bihouix, P. (2014). L'âge des low tech: vers une civilisation techniquement soutenable.

Appropriate technology. (n.d.). In Wikipedia. Retrieved April 17, 2019, from https://en.wikipedia.org/wiki/Appropriate_technology

Chaturvedi, S. (2015). So What Exactly is 'Deep Technology'? In LinkedIn. Retrieved April 19, 2019, from https://www.linkedin.com/pulse/so-what-exactly-deep-technology-swati-chaturvedi/

The rise of 'deep-tech' is boosting Paris's startup scene. The Economist. (2017, February 23). Retrieved from https://www.economist.com/business/2017/02/23/the-rise-of-deep-tech-is-boosting-pariss-startup-scene

Wavestone. (2017). Europe is deep tech: Deep tech global investor survey 2017. Retrieved from Wavestone website: https://www.wavestone.com/app/uploads/2017/12/Deep-tech-global-survey-2017-Wavestone.pdf

Denning, S. (2017, November 27). From A Casino Economy To A New Golden Age: Carlota Pérez At Drucker Forum 2017. Forbes. Retrieved from https://www.forbes.com/sites/stevedenning/2017/11/25/from-a-casino-economy-to-a-new-golden-age-carlota-perez-at-drucker-forum-2017/#81d85da3b4ed

Mazzucato, M. (2013). The Entrepreneurial State: Debunking Public Vs. Private Sector Myths. Anthem Press.

The MIT Committee to Evaluate the Innovation Deficit. (2015). The future postpone: Why declining investment in basic research threatens a U.S. innovation deficit. Cambridge, MA: Massachusetts Institute of Technology.

Brodie, C. (2017, May 15). These companies invest the most in research. World Economic Forum. Retrieved May 18, 2019, from https://www.weforum.org/agenda/2017/05/companies-investing-most-in-research-and-development/

From Pipes to Platforms. (n.d.). Retrieved April 18, 2019, from http://platformthinkinglabs.com/start-here

Evans, P. C., & Gawer, A. (2016). The rise of the platform enterprise: A global survey (The Emerging Platform Economy Series No. 1). Retrieved from The Center for Global Enterprise website: https://www.thecge.net/app/uploads/2016/01/PDF-WEB-Platform-Survey_01_12.pdf

Cetindamar, D., & Ozkazanc-Pan, B. (2017). Assessing mission drift at venture capital impact investors: Cetindamar and Ozkazanc-Pan. Business Ethics: A European Review, 26(3), 257-270. doi:10.1111/beer.12149

MaRS. (n.d.). Impact investing. In MaRS Courses and Guides. Retrieved April 18, 2019, from https://learn.marsdd.com/mars-library/impact-investing/

UN BOND EN AVANT POUR LE DÉVELOPPEMENT INTERNATIONAL

Information and communication technologies for development. (n.d.). In Wikipedia. Retrieved April 17, 2019, from https://en.wikipedia.org/wiki/Information_and_communication_technologies_for_development

Kenny, C., & Patel, D. (2017). Estimating the SDGs' demand for innovation (CGD Working Paper 469). Retrieved from https://www.cgdev.org/sites/default/files/estimating-sdgs-demand-innovation.pdf

Kumpf, J. (2018, July 3). Bottom-up, top-down and outside-in: Cultivating innovation at UNDP. Medium. Retrieved from https://medium.com/@UNDP/bottom-up-top-down-and-outside-in-cultivating-innovation-at-undp-7d4935c56f9c

United Nations Development Programme. (2018). Moon shots & puddle jumps - Innovation for the Sustainable Development Goals. Retrieved from UNDP website: https://www.undp.org/content/undp/en/home/librarypage/development-impact/undp-innovation-facility-year-in-review.html

United Nations Development Programme. (2017, July 11). Drones for social good. Retrieved April 18, 2019, from https://stories.undp.org/drones-for-social-good

United Nations Development Programme. (n.d.). Tools of the trade. Retrieved April 18, 2019, from https://www.undp.org/content/undp/en/home/stories/new-tools-of-the-trade/

United Nations Development Programme. (n.d.). UNDP Strategic Plan. Retrieved April 18, 2019, from http://strategicplan.undp.org/

United Nations Development Programme. (n.d.). UNDP joins tech giants in Partnership on AI. Retrieved April 18, 2019, from https://www.undp.org/content/undp/en/home/news-centre/news/2018/undp-joins-tech-giants-in-partnership-on-ai.html

Solheim, E. (2018, May 9). My two cents on making UN Environment an innovation hub. Retrieved from https://www.facebook.com/notes/erik-solheim/my-two-cents-on-making-un-environment-an-innovation-hub/1710376889011213/

Principles for Digital Development. (n.d.). Retrieved April 18, 2019, from https://digitalprinciples.org/

Mohieldin, M. (2018, May 18). Leveraging technology to achieve the Sustainable Development Goals [Web log post]. Retrieved from The World Bank website: https://blogs.worldbank.org/voices/leveraging-technology-achieve-sustainable-development-goals

International Telecommunication Union. (2017). #ICT4SDG, Fast-Forward Progress: Leveraging Tech to Achieve the Global Goals. Geneva. ISBN 978-92-61-24571-9. Retrieved April 18, 2019, from https://www.itu.int/en/sustainable-world/Documents/Fast-forward_progress_report_414709%20FINAL.pdf

Rahman, A. (2018, June 14). What is Frontier Technology Livestreaming?. Medium. Retrieved from https://medium.com/frontier-technology-livestreaming/what-is-frontier-technology-livestreaming-d0275608750e

Bright, J. (2018, June 17). Breaking down France's new $76M Africa startup fund [Web log post]. Retrieved from TechChrunch website: https://techcrunch.com/2018/06/17/breaking-down-frances-new-76m-africa-startup-fund/

Connett, D. (2016, February 1). Bill Gates' foundation has been accused of 'dangerously skewing' aid priorities. Independent. Retrieved from https://www.independent.co.uk/news/world/politics/gates-foundation-accused-of-dangerously-skewing-aid-priorities-by-promoting-big-business-a6822036.html

Quaggiotto, G. (2017, May 18). Profiling the international development mutants [Web log post]. Retrieved from DIY website: https://diytoolkit.org/profiling-the-development-mutants/

Diop, M. (2017, October 11). Africa can enjoy leapfrog development [Web log post]. Retrieved from The World Bank website: http://www.worldbank.org/en/news/opinion/2017/10/11/africa-can-enjoy-leapfrog-development

Ground Truths. (2017, September 27). Can innovation labs deliver better humanitarian aid?. Retrieved April 18, 2019, from http://groundtruthsolutions.org/2017/09/27/can-innovation-labs-deliver-better-humanitarian-aid/

Drew, D. (2018, June 21). Our Innovation Labs are dead. Long live innovation! [Web log post]. Retrieved from UNHCR website: https://www.unhcr.org/innovation/our-innovation-labs-are-dead-long-live-innovation/

World Economic Forum, & A.T. Kearney. (2018). Readiness for the future of production report 2018. Retrieved from World Economic Forum website: http://www3.weforum.org/docs/FOP_Readiness_Report_2018.pdf

What technology can do for Africa. The Economist. (2017, November 10). Retrieved from https://www.economist.com/special-report/2017/11/09/what-technology-can-do-for-africa

Duermeijer, C., Amir, M., & Schoombee, L. (2018, March 22). Africa generates less than 1% of the world's research; data analytics can change that [Web log post]. Retrieved from Elsevier website: https://www.elsevier.com/connect/africa-generates-less-than-1-of-the-worlds-research-data-analytics-can-change-that

Mulgan, G. (2018, September 28). Collective intelligence and achieving the Sustainable Development Goals [Web log post]. Retrieved from Nesta website: https://www.nesta.org.uk/blog/collective-intelligence-and-achieving-sustainable-development-goals/

IMPACT TECH ET OBJECTIFS DE DEVELOPPEMENT DURABLE

2030Vision Global Goals Technology Forum. (2017, December). 2030Vision: Uniting to deliver technology for the Global Goals. SustainAbility. London: UK. Retrieved from https://www.2030vision.com/

LIGTT. (2014). 50 Breakthroughs: Critical Scientific and Technological Advances Needed for Sustainable Global Development. LBNL Institute for Globally Transformative Technologies, Berkeley, CA, USA.

Griggs, D., Nilsson, M., Stevance, A., & McCollum, D. (2017). A guide to SDG interactions: From science to implementation. Retrieved from International Science Council website: https://council.science/cms/2017/05/SDGs-Guide-to-Interactions.pdf

Objectif 1 : Pas De Pauvretè

United Nations Development Programme. (2017). Annual report 2017. Retrieved from UNDP website: https://annualreport2017.undp.org/assets/UNDP-Annual-Report-Final-June-1.pdf

United Nations Development Programme. (n.d.). Goal 1: No poverty. Retrieved April 18, 2019, from https://www.undp.org/content/undp/en/home/sustainable-development-goals/goal-1-no-poverty.html

Lawson, M., Chan, M., Rhodes, F., Butt, A. P., Marriott, A., Ehmke, E., ... Gowland, R. (2019). Public good or private wealth? Retrieved from Oxfam website: https://oxfamilibrary.openrepository.com/bitstream/handle/10546/620599/bp-public-good-or-private-wealth-210119-summ-en.pdf

The World Bank. (2018, June 25). Data. Retrieved April 18, 2019, from http://id4d.worldbank.org/global-dataset

ID2020. (2019, January 24). ID2020 launches technical certification mark. Medium. Retrieved from https://medium.com/id2020/id2020-launches-technical-certification-mark-e6743d3f70fd

The World Bank. (2019, April 2). Land. Retrieved April 18, 2019, from https://www.worldbank.org/en/topic/land

Rizzo, P. (2015, December 29). Blockchain land title project 'stalls' in Honduras [Web log post]. Retrieved from Coin Desk website: https://www.coindesk.com/debate-factom-land-title-honduras

Southwick, N. (2016, October 11). The Importance and Challenges of Putting Favelas on the Map. Rio on Watch [Rio]. Retrieved from http://www.rioonwatch.org/?p=32519

Opray, M. (2016, October 12). How Google is putting Rio's invisible favelas back on the map. The Guardian. Retrieved from https://www.theguardian.com/sustainable-business/2016/oct/09/invisible-favelas-brazil-rio-maps-erasing-poorer-parts-city

Meyer, R. (2016, June 22). The app that wants to simplify postal addresses. The Atlantic. Retrieved from https://www.theatlantic.com/technology/archive/2016/06/the-most-interesting-story-about-postal-addresses-you-have-ever-read/487160/

The World Bank. (2018, April 19). Financial inclusion on the rise, but gaps remain, global findex database shows. Retrieved April 18, 2019, from http://www.worldbank.org/en/news/press-release/2018/04/19/financial-inclusion-on-the-rise-but-gaps-remain-global-findex-database-shows

Safaricom. (n.d.). M-Shwari, KCB M-PESA Loans, KCB M-PESA Account, M-Shwari Lock Savings Account. Retrieved April 18, 2019, from https://www.safaricom.co.ke/personal/m-pesa/do-more-with-m-pesa/loans-and-savings

Ivatury, G. (2018, August 27). Fighting 'tech complacency' in social enterprise: Why it's time to embrace blockchain [Web log post]. Retrieved from NextBillion website: https://nextbillion.net/social-enterprise-embrace-blockchain/

Nestor, L. (2018, November 1). Together we can - A decentralized vision for financial inclusion [Web log post]. Retrieved from Stellar website: https://www.stellar.org/blog/together-we-can-a-decentralized-vision-for-financial-inclusion/

Lawrence, D., & Ombok, E. (2018, October 31). Closing the cash gap with cryptocurrency. Bloomberg. Retrieved from https://www.bloomberg.com/news/features/2018-10-31/closing-the-cash-gap-with-cryptocurrency

United Nations International Strategy for Disaster Reduction. (n.d.). What is disaster risk reduction?. Retrieved April 18, 2019, from https://www.unisdr.org/who-we-are/what-is-drr

Weather-related disasters are increasing. The Economist. (2017, August 29). Retrieved from https://www.economist.com/graphic-detail/2017/08/29/weather-related-disasters-are-increasing

Biswas, S. (2010, December 16). India's micro-finance suicide epidemic. BBC News. Retrieved from https://www.bbc.com/news/world-south-asia-11997571

Abdul Latif Jameel Poverty Action Lab (J-PAL). (2018). Reducing the cost of lending to low-income borrowers. Retrieved April 18, 2019, from https://www.povertyactionlab.org/policy-insight/reducing-cost-lending-low-income-borrowers

Izaguirre, J. C., Kaffenberger, M., & Mazer, R. (2018, September 25). It's time to slow digital credit's growth in East Africa [Web log post]. Retrieved from CGAP website: https://www.cgap.org/blog/its-time-slow-digital-credits-growth-east-africa

Mazer, R., & McKee, K. (2018). Consumer protection in digital credit. Retrieved from CGAP website: https://www.cgap.org/sites/default/files/researches/documents/Focus-Note-Consumer-Protection-in-digital-Credit-Aug-2017.pdf

Shen, M. (2018, August 20). Blockchain enters 'trough of disillusionment' on Gartner's Hype Scale [Web log post]. Retrieved from Coin Desk website: http://coindesk.com/blockchain-enters-trough-of-disillusionment-on-gartners-hype-scale

Galen, D. J., Brand, N., Boucherle, L., Davis, R., Do, N., El-Baz, B., ... Lee, J. (2018). Blockchain for social impact: Moving beyond the hype. Retrieved from Center for Social Innovation, RippleWorks website: https://www.gsb.stanford.edu/sites/gsb/files/publication-pdf/study-blockchain-impact-moving-beyond-hype_0.pdf

Solomon, B. (2018, September 28). Digital IDs are more dangerous than you think. WIRED. Retrieved from https://www.wired.com/story/digital-ids-are-more-dangerous-than-you-think/

Saini, K. (2018, May 1). Aadhaar Remains an Unending Security Nightmare for a Billion Indians. The Wire. Retrieved from https://thewire.in/government/aadhaar-remains-an-unending-security-nightmare-for-a-billion-indians

Objectif 2 : Faim « Zéro »

Food and Agriculture Organization. (n.d.). Key facts on food loss and waste you should know!. Retrieved April 18, 2019, from http://www.fao.org/save-food/resources/keyfindings/en/

Economic and Social Development Department. (2009). Global agriculture towards 2050. In High Level Expert Forum - How to Feed the World in 2050. Rome, Italy: FAO.

Food and Agricultural Organization. (2011). Food wastage footprint & climate change (bb144e/1/11.15). Retrieved from FAO website: http://www.fao.org/fileadmin/templates/nr/sustainability_pathways/docs/FWF_and_climate_change.pdf

Milne, G. (2018, August 14). Nigerian biotech startup using shrimp shells to save food wins top prize. Forbes. Retrieved from https://www.forbes.com/sites/gemmamilne/2018/08/13/nigerian-biotech-startup-using-shrimp-shells-to-save-food-wins-top-prize/#755f027dc897

UNICEF. (2004, August 27). Lack of vitamins and minerals impairs a third of world population. Retrieved April 18, 2019, from https://www.unicef.org/media/media_19965.html

Golden rice. (n.d.). In Wikipedia. Retrieved April 18, 2019, from https://en.wikipedia.org/wiki/Golden_rice

Everding, G. (2016, June 6). Genetically modified Golden Rice falls short on lifesaving promises [Web log post]. Retrieved from The Source website: https://source.wustl.edu/2016/06/genetically-modified-golden-rice-falls-short-lifesaving-promises/

New York University. (n.d.). Genetically Modified Organisms: The “Golden Rice” Debate | High School Bioethics. Retrieved April 18, 2019, from https://med.nyu.edu/highschoolbioethics/genetically-modified-organisms-%E2%80%9Cgolden-rice%E2%80%9D-debate

Food and Agriculture Organization. (2012). Smallholders and family farmers. Retrieved from FAO website: http://www.fao.org/fileadmin/templates/nr/sustainability_pathways/docs/Factsheet_SMALLHOLDERS.pdf

Dalberg Global Development Advisors, & Initiative for Smallholder Finance. (2016). Inflection point: Unlocking growth in the era of farmer finance. Retrieved from RAFLearning website: https://www.raflearning.org/sites/default/files/inflection_point_april_2016.pdf?token=OS8hc14U

Green Revolution. (2002, August 17). In Wikipedia. Retrieved April 18, 2019, from https://en.wikipedia.org/wiki/Green_Revolution

Grantham, J. (2018). The race of our lives revisited. Retrieved from GMO website: https://www.gmo.com/north-america/research-library/the-race-of-our-lives-reinvested/

World Health Organization. (2017, November 7). Stop using antibiotics in healthy animals to preserve their effectiveness. Retrieved April 18, 2019, from https://www.who.int/news-room/detail/07-11-2017-stop-using-antibiotics-in-healthy-animals-to-prevent-the-spread-of-antibiotic-resistance

The Definition of Regenerative Agriculture. (n.d.). Retrieved April 18, 2019, from http://www.regenerativeagriculturedefinition.com/

Halweil, B. (2016, May 17). The rise of small farm robots. Medium. Retrieved from https://medium.com/food-is-the-new-internet/the-rise-of-small-farm-robots-365e76dbdac1

Smith, S. (2018, October 4). Here come the robots: precision and regenerative farming. Retrieved from https://thefuturescentre.org/articles/217999/here-come-robots-precision-and-regenerative-farming

Johnson, N. (2018, October 15). Our fertilizer is killing us. Here's a fix. Grist. Retrieved from https://grist.org/article/billionaires-and-bacteria-are-racing-to-save-us-from-death-by-fertilizer/

Regalado, A. (2017, December 19). These are not your father's GMOs. MIT Technology Review. Retrieved from https://www.technologyreview.com/s/609230/these-are-not-your-fathers-gmos/

Li, Y. (2018, May 22). These CRISPR-modified crops don't count as GMOs. The Conversation. Retrieved from https://theconversation.com/these-crispr-modified-crops-dont-count-as-gmos-96002

Lamb, C. (2018, April 19). Scoop: Seattle Food tech raises $1M to jumpstart plant-based meat manufacturing. The Spoon. Retrieved from https://thespoon.tech/scoop-seattle-food-tech-raises-1m-to-jumpstart-plant-based-meat-manufacturing/

Fox, K. (2018, September 27). This vegan brand just proved that plant-based burgers are more sustainable than those made of beef. Forbes. Retrieved from https://www.forbes.com/sites/katrinafox/2018/09/26/this-vegan-brand-just-proved-that-plant-based-burgers-are-more-sustainable-than-those-made-of-beef/#7aacc6f7475a

Poinski, M. (2017, September 13). Hampton Creek obtains patent for unique plant protein scanning process. Food Dive. Retrieved from https://www.fooddive.com/news/hampton-creek-obtains-patent-for-unique-plant-protein-scanning-process/504804/

Lagally, C., Clayton, E. R., & Specht, L. (2017). Plant-based meat mind maps: An exploration of options, ideas, and industry. Retrieved from The Good Food Institute website: https://www.gfi.org/files/PBMap.pdf

Raphael, R. (2018, September 25). Exclusive: Inside Beyond Meat's innovative future food lab. Fast Company. Retrieved from https://www.fastcompany.com/90202590/exclusive-inside-beyond-meats-innovative-future-food-lab

Datar, I. (2018, October 3). The future of food is farming cells, not cattle. Quartz. Retrieved from https://qz.com/1383641/the-future-of-food-is-farming-cells-not-cattle/

Tuomisto, H. L., & Teixeira de Mattos, M. J. (2011). Environmental Impacts of Cultured Meat Production. Environmental Science & Technology, 45(14), 6117-6123. doi:10.1021/es200130u

Lynch, J., & Pierrehumbert, R. (2019). Climate Impacts of Cultured Meat and Beef Cattle. Frontiers in Sustainable Food Systems, 3. doi:10.3389/fsufs.2019.00005

Specht, L., & Lagally, C. (2017). Mapping emerging industries: Opportunities in clean meat. Retrieved from The Good Food Institute website: http://gfi.org/images/uploads/2017/06/Mapping-Emerging-Industries.pdf

Morgan, R. (2019, April 17). Bill Gates and Richard Branson are betting lab-grown meat may be the food of the future. CNBC. Retrieved from https://www.cnbc.com/2018/03/23/bill-gates-and-richard-branson-bet-on-lab-grown-meat-startup.html

CB Insights. (2019, January 22). Our meatless future: How the $90B global meat market gets disrupted. CB Insights. Retrieved from https://www.cbinsights.com/research/future-of-meat-industrial-farming/

Barton, A. (2017, November 12). Eat seaweed for the health benefits - but don't overdo it. The Globe and Mail. Retrieved from https://www.theglobeandmail.com/life/food-and-wine/food-trends/eat-seaweed-for-the-health-benefits---but-dont-overdoit/article33281211/

Haspel, T. (2014, May 9). Monocrops: They're a problem, but farmers aren't the ones who can solve it. The Washington Post. Retrieved from https://www.washingtonpost.com/lifestyle/food/monocrops-theyre-a-problem-but-farmers-arent-the-ones-who-can-solve-it/2014/05/09/8bfc186e-d6f8-11e3-8a78-8fe50322a72c_story.html

Muneret, L., Mitchell, M., Seufert, V., Aviron, S., Djoudi, E. A., Pétillon, J., ... Rusch, A. (2018). Evidence that organic farming promotes pest control. Nature Sustainability, 1(7), 361-368. doi:10.1038/s41893-018-0102-4

Moss, D., & Bittman, M. (2018, June 26). Bringing farming back to nature. The New York Times. Retrieved from https://www.nytimes.com/2018/06/26/opinion/farming-organic-nature-movement.html

Willett, W. (2019). Healthy diets from sustainable food systems: Food planet health. Retrieved from EAT-Lancet Commission website: https://eatforum.org/content/uploads/2019/04/EAT-Lancet_Commission_Summary_Report.pdf

Tavoularis,G., Sauvage, E. (2018, September). Les nouvelles générations transforment la consommation de viande. In Consommation et Modes de Vie. N° 300. ISSN 0295-9976. Retrieved from https://www.credoc.fr/publications/les-nouvelles-generations-transforment-la-consommation-de-viande

Organisation for Economic Co-operation and Development. (n.d.). Agricultural output - Meat consumption. Retrieved April 19, 2019, from https://data.oecd.org/agroutput/meat-consumption.htm

Brody, J. E. (2018, June 9). Are G.M.O. foods safe?. The New York Times. Retrieved from https://www.nytimes.com/2018/04/23/well/eat/are-gmo-foods-safe.html

Perry, E. D., Ciliberto, F., Hennessy, D. A., & Moschini, G. (2016). Genetically engineered crops and pesticide use in U.S. maize and soybeans. Science Advances, 2(8), e1600850. doi:10.1126/sciadv.1600850

Somin, I. (2016, May 27). New study confirms that 80 percent of Americans support labeling of foods containing DNA. The Washington Post. Retrieved from https://www.washingtonpost.com/news/volokh-conspiracy/wp/2016/05/27/new-study-confirms-that-80-percent-of-americans-support-mandatory-labeling-of-foods-containing-dna/

Mwesigwa, A. (2017, December 12). Can a GM banana solve Uganda's hunger crisis?. The Guardian. Retrieved from https://www.theguardian.com/global-development/2017/dec/12/gm-genetically-modified-banana-uganda-hunger-crisis

Nieler, E. (2018, July 25). European ruling could slow Africa's push for crispr crops. WIRED. Retrieved from https://www.wired.com/story/european-ruling-could-slow-africas-push-for-crispr-crops/

Objectif 3 : Bonne Santé Et Bien-Être

World Health Organization. (2018). World Health Statistics 2018: Monitoring Health for the SDGs Sustainable Development Goals. Geneva, Switzerland: Author.

World Health Oganization. (2016, March 15). An estimated 12.6 million deaths each year are attributable to unhealthy environments. Retrieved April 18, 2019, from https://www.who.int/news-room/detail/15-03-2016-an-estimated-12-6-million-deaths-each-year-are-attributable-to-unhealthy-environments

World Health Organization. (2017, December 29). Human rights and health. Retrieved April 18, 2019, from https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/human-rights-and-health

World Economic Forum. (2017). Top 10 emerging technologies 2017 (REF 306017). Retrieved from World Economic Forum website: http://www3.weforum.org/docs/WEF_Top_10_Emerging_Technologies_report_2017.pdf

Matthews, D. (2018, September 26). A genetically modified organism could end malaria and save millions of lives — if we decide to use it. Retrieved April 18, 2019, from https://www.vox.com/science-and-health/2018/5/31/17344406/crispr-mosquito-malaria-gene-drive-editing-target-africa-regulation-gmo

Moloo, Z. (2018, January 8). The hubris of western science. Retrieved April 18, 2019, from https://africasacountry.com/2018/08/the-hubris-of-western-science

Stein, R. (2019, February 20). Scientists release controversial genetically modified mosquitoes in high-security lab. National Public Radio. Retrieved from https://www.npr.org/sections/goatsandsoda/2019/02/20/693735499/scientists-release-controversial-genetically-modified-mosquitoes-in-high-securit

Gonzale, R. (2017, January 10). The Paperfuge: A 20-cent device that could transform health care. WIRED. Retrieved from https://www.wired.com/2017/01/paperfuge-20-cent-device-transform-health-care/

Lazer, D., & Kennedy, R. (2015, October 1). What we can learn from the epic failure of Google flu trends. WIRED. Retrieved from https://www.wired.com/2015/10/can-learn-epic-failure-google-flu-trends/

World Health Organization. (n.d.). Epidemiology. Retrieved April 18, 2019, from https://www.who.int/topics/epidemiology/en/

Tinsley, E., & Agapitova, N. (2018). Reaching the last mile: Social enterprise business models for inclusive development. Washington, DC: World Bank.

Mehta, K. (2018, June 15). Nine ways to make money in mHealth: The top value propositions from a study of 234 projects in emerging markets [Web log post]. Retrieved from NextBillion website: https://nextbillion.net/how-to-make-money-in-mhealth-in-emerging-markets/

Davis, N. (2018, November 10). The human microbiome: why our microbes could be key to our health. The Guardian. Retrieved from https://www.theguardian.com/news/2018/mar/26/the-human-microbiome-why-our-microbes-could-be-key-to-our-health

The Review on Antimicrobial Resistance. (2016). Tackling drug-resistant infections globally: Final report and recommendations. London, UK: Author.

Nanotechnology. (2001, November 12). In Wikipedia. Retrieved April 18, 2019, from https://en.wikipedia.org/wiki/Nanotechnology

Ferryman, K., & Pitcan, M. (2018). Fairness in precision medicine. New York, NY: Data & Society.

Fraunhofer. (2018). Research news: Preventive treatment for Alzheimer's and Parkinson's disease. Retrieved from Fraunhofer website: https://www.fraunhofer.de/content/dam/zv/en/press-media/2018/June/ResearchNews/rn06-2018-scai-preventive-treatment-for-alzheimers-parkinson-disease.pdf

Duncan, P. (2016, May 10). Why 'big pharma' stopped searching for the next Prozac. The Guardian. Retrieved from https://www.theguardian.com/society/2016/jan/27/prozac-next-psychiatric-wonder-drug-research-medicine-mental-illness

CRISPR off-targets: a reassessment. (2018). Nature Methods, 15(4), 229-230. doi:10.1038/nmeth.4664

Yong, E. (2018, December 3). The CRISPR baby scandal gets worse by the day. The Atlantic. Retrieved from https://www.theatlantic.com/science/archive/2018/12/15-worrying-things-about-crispr-babies-scandal/577234/

Grubb, B. (2018, July 30). Australians are 'rightly' questioning My Health Record, says Privacy Commissioner. The Sunday Morning Herald. Retrieved from https://www.smh.com.au/technology/australians-are-rightly-questioning-my-health-record-says-privacy-commissioner-20180730-p4zui3.html

Berlinger, J. (2018, July 23). Singapore hack affects 1.5 million -- including Prime Minister. CNN. Retrieved from https://edition.cnn.com/2018/07/20/asia/singapore-hack-intl/index.html

Molteni, M. (2018, August 3). 23andMe's Pharma deals have been the plan all along. WIRED. Retrieved from https://www.wired.com/story/23andme-glaxosmithkline-pharma-deal/

Lauerman, J. (2018, August 29). This startup is building a market to help you sell your DNA data. Bloomberg. Retrieved from https://www.bloomberg.com/news/articles/2018-08-29/put-a-price-on-your-dna-data-with-this-harvard-professor-s-firm

World Health Organization. (n.d.). Ten health issues WHO will tackle this year. Retrieved April 18, 2019, from https://www.who.int/emergencies/ten-threats-to-global-health-in-2019

Sun, L. H. (2019, February 25). Anti-vaxxers face backlash as measles cases surge. The Washington Post. Retrieved from https://www.washingtonpost.com/national/health-science/anti-vaxxers-face-backlash-as-measles-cases-surge/2019/02/25/e2e986c6-391c-11e9-a06c-3ec8ed509d15_story.html

Haller, S. (2019, February 25). YouTube takes ad money away from anti-vax channels looking to profit, sway parents. USA Today. Retrieved from https://www.usatoday.com/story/life/allthemoms/2019/02/25/youtube-takes-money-away-anti-vax-channels-trying-sway-parents/2982207002/

Goy, A. (2017, April 10). What will healthcare look like in 2030?. World Economic Forum. Retrieved April 18, 2019, from https://www.weforum.org/agenda/2017/04/what-will-healthcare-look-like-in-2030/

Objectif 4 : Éducation De Qualité

UNESCO. (2017, November 15). 6 Out of 10 Children and Adolescents Are Not Learning a Minimum in Reading and Math [Web log post]. Retrieved from UNESCO website: http://uis.unesco.org/en/news/6-out-10-children-and-adolescents-are-not-learning-minimum-reading-and-math

Winthrop, R., & Barton, A. (2017, November 15). Can education innovations help us leapfrog progress? [Web log post]. Retrieved from Brookings website: https://www.brookings.edu/blog/education-plus-development/2017/09/21/can-education-innovations-help-us-leapfrog-progress/

Freire, P. (2014). Pedagogy of the oppressed: 30th anniversary edition. New York, NY: Bloomsbury Publishing USA.

Anderson, J. (2018, January 22). The controversial Silicon Valley-funded quest to educate the world's poorest kids. Quartz. Retrieved from https://qz.com/1179738/bridge-school/

United Nations Children's Fund. (n.d.). School mapping. Retrieved April 18, 2019, from https://www.unicef.org/innovation/school-mapping

Adebayo, O. (2018, February 5). UNICEF school mapping using the OpenStreetMap Platform [Web log post]. Retrieved from YouthMappers website: https://www.youthmappers.org/single-post/2018/02/05/UNICEF-school-mapping-using-the-OpenStreetMap-Platform

United Nations Children's Fund. (n.d.). Data science and artificial intelligence. Retrieved April 18, 2019, from https://www.unicef.org/innovation/Magicbox

World Economic Forum. (2016). Shareable infographics. Retrieved April 18, 2019, from http://reports.weforum.org/future-of-jobs-2016/shareable-infographics/?doing_wp_cron=1555550713.6747350692749023437500

Zhange, S. (2016, September 1). Can VR really make you more empathetic?. WIRED. Retrieved from https://www.wired.com/2016/09/can-vr-really-make-people-empathetic/

Utley, T. (2016, September 14). Meet Yeshi, A bot launched by Lokai and Charity: Water to bring awareness to the water crisis. Forbes. Retrieved from https://www.forbes.com/sites/toriutley/2016/09/14/meet-yeshi-a-bot-launched-by-lokai-and-charity-water-to-bring-awareness-to-the-water-crisis/#40ce27002d04

Horn, M. B. (2017, November 29). New research answers whether technology is good or bad for learning [Web log post]. Retrieved from Clayton Christensen Institute website: https://www.christenseninstitute.org/blog/new-research-answers-whether-technology-good-bad-learning/

Bulger, M. (2016, July 26). Personalized learning: The conversations we're not having. Retrieved from https://datasociety.net/output/personalized-learning-the-conversations-were-not-having/

Winthrop, R. Barton, A. McGivney E. (2018, June 5). Leapfrogging inequality: Remaking education to help young people thrive. Washington, DC: Brookings Institution Press. ISBN: 9780815735700

Objectif 5 : Égalité Entre Les Sexes

UN Women. (2019). Turning promises into action: Gender equality in the 2030 agenda for sustainable development. Madison, WI: UN.

World Health Organization. (2017, November 29). Violence against women. Retrieved April 18, 2019, from https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/violence-against-women

Edwards, S. (2018, February 15). Progress on gender equality 'unacceptably slow:' UN Women. Devex. Retrieved from https://www.devex.com/news/progress-on-gender-equality-unacceptably-slow-un-women-92104

Goldapple, L. (2018, May 16). Pakistani women break taboos with AI. Retrieved April 18, 2019, from https://atlasofthefuture.org/project/aurat-raaj/

Farah, M., & Anwar, N. (2018, May 27). Menstrual hygiene management – a basic need [Web log post]. Retrieved from Practical Action website: https://practicalaction.org/blog/news/campaigns/menstrual-hygiene-management-a-basic-need/

World Economic Forum. (2016). Shareable infographics. Retrieved April 18, 2019, from http://reports.weforum.org/future-of-jobs-2016/shareable-infographics/?doing_wp_cron=1555550713.6747350692749023437500

United Nations Conference on Trade and Development. (2018). Technology and innovation report 2018: Harnessing frontier technologies for sustainable development (UNCTAD/TIR/2018). Geneva, Switzerland: UNCTAD.

World Economic Forum. (2016). The future of jobs: Employment, skills and workforce strategy for the fourth industrial revolution (REF 010116). Retrieved from WEF website: http://www3.weforum.org/docs/WEF_Future_of_Jobs.pdf

Zetlin, M. (2016, May 4). It's official: 'Brogrammer' culture is driving women out of STEM Jobs. Inc.. Retrieved from https://www.inc.com/minda-zetlin/its-official-brogrammer-culture-is-driving-women-out-of-stem-jobs.html

Fouad, N. A., Chang, W., Wan, M., & Singh, R. (2017). Women's reasons for leaving the engineering field. Frontiers in Psychology, 8. doi:10.3389/fpsyg.2017.00875

Bouleanu, A. (2018, September 26). The Rwandan school turning boys into feminists. BBC News. Retrieved from https://www.bbc.com/news/world-africa-45496335

Objectif 6 : Eau Propre Et Assainissement

Goal 6: Clean Water and Sanitation

World Health Organization. (2018, February 7). Drinking-water. Retrieved April 17, 2019, from https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/drinking-water

United Nations Development Programme. (n.d.). Goal 6 targets. Retrieved April 19, 2019, from https://www.undp.org/content/undp/en/home/sustainable-development-goals/goal-6-clean-water-and-sanitation/targets/

World Water Assessment Programme (WWAP). (2019, March 18). The United Nations World Water Development Reports. Retrieved April 17, 2019, from http://www.unwater.org/publication_categories/world-water-development-report/

World Water Council. (2015). 7th World Water Forum: Ten major outcomes. Retrieved from WWC website: http://www.worldwatercouncil.org/fileadmin/world_water_council/documents/publications/7thForum_outcomes.pdf

Roux, A. (2016, December). The Future of Water. Les enjeux de l'innovation responsable dans le secteur de l'eau. SoScience. Retrieved from https://www.academia.edu/34061514/

University of Oxford. (n.d.). Smart water pumps. Retrieved April 17, 2019, from https://innovation.ox.ac.uk/licence-details/smart-water-pumps/

Institute for Transformative Technologies. (n.d.). Portfolio archive. Retrieved April 19, 2019, from https://transformativetechnologies.org/portfolio/

De Graaf, I. (2016, December 21). Limits to global groundwater use [Web log post]. Retrieved from EGU Blogs website: https://blogs.egu.eu/network/water-underground/2016/12/20/limits-to-global-groundwater-use/

Sun, Y. (2016, July 11). China is facing a major water crisis, but its plan to turn seawater into tap water isn't panning out. MIT Technology Review. Retrieved from https://www.technologyreview.com/s/601861/chinas-massive-effort-to-purify-seawater-is-drying-up/

Ramalingam, B., Hernandez, K., Martin, P. P., & Faith, B. (2016). Ten Frontier Technologies for international development. Retrieved from Institute of Development Studies website: https://www.gla.ac.uk/media/media_524607_en.pdf

UNICEF. (n.d.). Water, Sanitation and Hygiene. Retrieved April 17, 2019, from https://www.unicef.org/wash/

Antenna Foundation. (n.d.). Water & hygiene. Retrieved April 17, 2019, from https://www.antenna.ch/en/activities/water-hygiene/range-wata/

World Health Organization. (2017). Progress on Drinking Water, Sanitation and Hygiene: 2017 Update and SDG Baselines. Geneva: WHO & UNICEF.

Schwab, K. (2018, July 12). The toilet of the future is made of mushrooms. Fast Company. Retrieved from https://www.fastcompany.com/90177041/the-toilet-of-the-future-is-made-of-mushrooms

Berke, J. (2018, February 7). Bill Gates is on a quest to reinvent the toilet — and he says his work at Microsoft gave him the inspiration to do it. Business Insider. Retrieved from https://www.businessinsider.com/bill-gates-wants-to-reinvent-the-toilet-2018-2

Balch, O. (2017, September 20). The waterless toilet that turns your poo into power. The Guardian. Retrieved from https://www.theguardian.com/sustainable-business/2016/feb/07/waterless-toilet-turns-your-poo-into-power-nano-membrane-technology

WWAP, & UNESCO. (2017). The United Nations world water development report, 2017: Wastewater: the untapped resource. Paris, France: UNESCO Publishing.

Fonlladosa, P. (2018, October 18). Namibia: Windhoek has been producing drinking water from its wastewater for 50 years [Web log post]. Retrieved from Veolia website: https://www.veolia.com/en/newsroom/news/drinking-water-recycling-wastewater-windhoek-namibia

WWAP, & UNESCO. (2018). The United Nations World Water Development Report, 2018: Nature-based Solutions for Water. Paris, France: UNESCO Publishing.

PUB. (2017). NEWater quality. Retrieved from PUB website: https://www.pub.gov.sg/Documents/PUB_NEWater_Quality.pdf

Neufeld, L. (2018, September 12). New Edmonton plant makes fertilizer from waste water. CBC News. Retrieved from https://www.cbc.ca/news/canada/edmonton/epcor-wastewater-edmonton-ostara-1.4820592

United Nations World Water Assessment Programme. (2014). The United Nations World Water Development Report 2014: Water and Energy. Paris: UNESCO.

David, K., Baker, A., & Timms, W. (2015, October 4). Deep water: a new technology probes Sydney's groundwater for the first time. The Conversation. Retrieved from https://theconversation.com/deep-water-a-new-technology-probes-sydneys-groundwater-for-the-first-time-47697

United Nations. (n.d.). Water, food and energy. Retrieved April 17, 2019, from http://www.unwater.org/water-facts/water-food-and-energy/

Spinks, R. (2018, February 14). Could these five innovations help solve the global water crisis?. The Guardian. Retrieved from https://www.theguardian.com/global-development-professionals-network/2017/feb/13/global-water-crisis-innovation-solution

Reverse osmosis. (n.d.). In Wikipedia. Retrieved April 18, 2019, from https://en.wikipedia.org/wiki/Reverse_osmosis

Objectif 7 : Énergie Propre Et D'un Coût Abordable

International Energy Agency. (n.d.). Sustainable Development Goal 7. Retrieved April 17, 2019, from https://www.iea.org/sdg/

Sworder C., Zhang L., Steger M., Youngman R., Ault T., Gilbert J., Koch J.,... (2018). Global Cleantech'18 100: A Barometer of the Changing Face of Global Cleantech Innovation. Cleantech Group (CTG)

Bruckner, T., Bashmakov, I. A., Mulugetta, Y., Chum, H., de la Vega Navarro, A., Edmonds, J., ... Zhang, X. (2014). Energy Systems. In O. Edenhofer, R. Pichs-Madruga, Y. Sokona, E. Farahani, S. Kadner, K. Seyboth, ... J. C. Minx (Eds.), Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate. Cambridge, United Kingdom: Cambridge University Press

SDG7 custodian agencies. (2018). Tracking SDG7: The energy progress report. Retrieved from SDG7 custodian agencies website: https://trackingsdg7.esmap.org/data/files/download-documents/key_messages.pdf

Nautiyal, A. (2018, February 30). Unlocking PAYG Utilities through mobile money. Retrieved April 17, 2019, from https://www.gsma.com/mobilefordevelopment/programme/mobile-money/unlocking-payg-utilities-mobile-money/

Lepicard, F., Kayser, O., Graf, J., Brossard, S., De Tailly, A. D., & McGrath, L. K. (2017). Reaching scale in access to energy: Lessons from practitioners. Retrieved from Hystra website: https://static1.squarespace.com/static/51bef39fe4b010d205f84a92/t/594a8a4f86e6c05c7d651eb1/1498057514242/Energy_Report+%28ADB+excluded+%2B+license%29.pdf

World Health Organization. (2018, May 8). Household air pollution and health. Retrieved April 17, 2019, from https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/household-air-pollution-and-health

Parshley, L. (2018, January 5). The Costs and Benefits of Hydropower. Smithonian.com. Retrieved from https://www.smithsonianmag.com/innovation/costs-and-benefits-hydropower-180967691/

Temple, J. (2017, February 22). This device could be a big boost for making solar power much cheaper. MIT Technology Review. Retrieved from https://www.technologyreview.com/s/603497/10-breakthrough-technologies-2017-hot-solar-cells/

McGrath, M. (2018, August 9). Organic solar cells set new energy record. BBC News. Retrieved from https://www.bbc.com/news/science-environment-45132427

Deign, J. (2017, October 2). This new solar collector design could bring CSP costs to record lows [Web log post]. Retrieved from Greentech Media website: https://www.greentechmedia.com/articles/read/new-solar-collector-design-csp-costs-recored-lows

Efstathiou, J. E., & Sullivan, B. K. (2018, May 9). Smarter Wind Turbines Try to Squeeze More Power on Each Rotation. Bloomberg. Retrieved from https://www.bloomberg.com/news/articles/2018-05-09/smarter-wind-turbines-try-to-squeeze-more-power-on-each-rotation

International Renewable Energy Agency. (2016). Innovation outlook: Offshore wind-- Summary for policymakers. Retrieved from IREA website: https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2016/IRENA_Innovation_Outlook_Offshore_Wind_2016_summary.pdf

Deign, J. (2017, September 5). A brief guide to the airborne wind turbine market [Web log post]. Retrieved from Greentech Media website: https://www.greentechmedia.com/articles/read/a-beginners-guide-to-the-airborne-wind-turbine-market

Majcher, K. (2015, May 20). Why hasn't tidal power taken off? [MIT Technology Review]. Retrieved from https://www.technologyreview.com/s/537656/why-hasnt-tidal-power-taken-off/

Fehrenbacher, K. (2015, May 20). A troubled geothermal plant finds a savior in a startup and Vinod Khosla. Fortune. Retrieved from http://fortune.com/2015/05/20/geothermal-altarock-nevada/

Hydrogen economy. (n.d.). In Wikipedia. Retrieved April 18, 2019, from https://en.wikipedia.org/wiki/Hydrogen_economy

Hydrogen vehicle. (n.d.). In Wikipedia. Retrieved April 17, 2019, from https://en.wikipedia.org/wiki/Hydrogen_vehicle

Roberts, D. (2018, February 16). This company may have solved one of the hardest problems in clean energy. Retrieved April 17, 2019, from https://www.vox.com/energy-and-environment/2018/2/16/16926950/hydrogen-fuel-technology-economy-hytech-storage

Peters, A. (2019, March 18). Scientists just found a new way to make fuel from seawater. Fact Company. Retrieved from https://www.fastcompany.com/90320381/scientists-just-found-a-new-way-to-make-fuel-from-seawater

VRTNEWS. (2019, March 25). KU Leuven scientists crack the code for affordable, eco-friendly hydrogen gas [Web log post]. Retrieved from KU Leuven website: https://nieuws.kuleuven.be/en/content/2019/belgian-scientists-crack-the-code-for-affordable-eco-friendly-hydrogen-gas

Wesoff, E. (2017, April 19). Hard lessons from the great algae biofuel bubble [Web log post]. Retrieved from Greentech Media website: https://www.greentechmedia.com/articles/read/lessons-from-the-great-algae-biofuel-bubble

Omni Processor. (n.d.). In Wikipedia. Retrieved April 17, 2019, from https://en.wikipedia.org/wiki/Omni_Processor

Bengelsdorf, F. R., & Dürre, P. (2017). Gas fermentation for commodity chemicals and fuels. Microbial Biotechnology, 10(5), 1167-1170. doi:10.1111/1751-7915.12763

Topham, G. (2018, October 3). First commercial flight partly fuelled by recycled wastelands in UK. The Guardian. Retrieved from https://www.theguardian.com/business/2018/oct/03/first-commercial-flight-partly-fuelled-by-recycled-waste-lands-in-uk

Hardach, S. (2018, February 5). Bill Gates is backing a plan to turn CO2 into fuel. World Economic Forum. Retrieved April 18, 2019, from https://www.weforum.org/agenda/2018/02/bill-gates-to-strip-c02-from-air-for-clean-fuel/

Sivaram, V. (2018, February 21). The race to invent the artificial leaf. MIT Technology Review. Retrieved from https://www.technologyreview.com/s/610177/the-race-to-invent-the-artificial-leaf/

Zundel, M. (n.d.). Energy storage technologies. Retrieved April 17, 2019, from http://ease-storage.eu/energy-storage/technologies/

Hanley, S. (2018, September 13). BNEF 2018 Report -- Renewables surge, China dominates, coal loses, EVs soar [Web log post]. Retrieved from Clean Technica website: https://cleantechnica.com/2018/08/27/bnef-2018-report-renewables-surge-china-dominates-coal-loses-evs-soar/

Temple, J. (2018, July 27). The $2.5 trillion reason we can't rely on batteries to clean up the grid. MIT Technology Review. Retrieved from https://www.technologyreview.com/s/611683/the-25-trillion-reason-we-cant-rely-on-batteries-to-clean-up-the-grid/

Temple, J. (2018, April 11). This battery advance could make electric vehicles far cheaper. MIT Technology Review. Retrieved from https://www.technologyreview.com/s/610792/this-battery-advance-could-make-electric-vehicles-far-cheaper/

Hellemans, A. (2017, December 15). How Long Before Sodium Batteries Are Worth Their Salt? [Web log post]. Retrieved from IEEE Spectrum website: https://spectrum.ieee.org/energywise/at-work/innovation/how-long-before-sodium-batteries-are-worth-their-salt

Prosser, M. (2018, June 29). The new energy storage tech Gates, Bezos, Ma, and Branson are investing in [Web log post]. Retrieved from SingularityHub website https://singularityhub.com/2018/07/02/the-new-energy-storage-tech-gates-bezos-ma-and-branson-are-investing-in/

Blain, L. (2018, June 11). Ultra-capacitor hybrid radically boosts power and efficiency of lithium batteries [Web log post]. Retrieved from New Atlas website: https://newatlas.com/nawa-technologies-carbon-ultra-capacitor/54972/

Power-to-gas. (2013, April 10). In Wikipedia. Retrieved April 17, 2019, from https://en.wikipedia.org/wiki/Power-to-gas

Butera, G., Jensen, S. H., & Clausen, L. R. (2019). A novel system for large-scale storage of electricity as synthetic natural gas using reversible pressurized solid oxide cells. Energy, 166, 738-754. doi:10.1016/j.energy.2018.10.079

Pumped-storage hydroelectricity. (2003, July 25). In Wikipedia. Retrieved April 17, 2019, from https://en.wikipedia.org/wiki/Pumped-storage_hydroelectricity

Chediak, M., & Bergen, M. (2018, December 19). Gates Among billionaires backing alphabet energy spinoff. Bloomberg. Retrieved from https://www.bloomberg.com/news/articles/2018-12-19/gates-bezos-among-billionaires-backing-alphabet-energy-spinoff

Jaradat, M., Jarrah, M., Bousselham, A., Jararweh, Y., & Al-Ayyoub, M. (2015). The internet of energy: Smart Sensor networks and big data management for smart grid. Procedia Computer Science, 56, 592-597. doi:10.1016/j.procs.2015.07.250

Frangoul, A. (2018, August 2). Societe Generale acquires renewable energy crowdfunding platform Lumo. CNBC. Retrieved from https://www.cnbc.com/2018/06/22/societe-generale-acquires-renewable-energy-crowdfunding-platform-lumo.html

International Energy Agency. (n.d.). Energy efficiency. Retrieved April 17, 2019, from https://www.iea.org/topics/energyefficiency/

Knight, W. (2018, August 17). Google just gave control over data center cooling to an AI. MIT Technology Review. Retrieved from https://www.technologyreview.com/s/611902/google-just-gave-control-over-data-center-cooling-to-an-ai/

Gaines, L. (2014). The future of automotive lithium-ion battery recycling: Charting a sustainable course. Sustainable Materials and Technologies, 1-2, 2-7. doi:10.1016/j.susmat.2014.10.001

De Decker, K. (2015, April 26). How Sustainable is PV solar power? Low-Tech Magazine. Retrieved from https://www.lowtechmagazine.com/2015/04/how-sustainable-is-pv-solar-power.html

Objectif 8 : Travail Décent Et Croissance Économique

International Labour Organization. (2018). World employment social outlook: Trends 2018. Retrieved from ILO website: https://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---dgreports/---dcomm/---publ/documents/publication/wcms_615672.pdf

International Labour Organization. (2018). Data Finder: World Employment and Social Outlook. Retrieved April 17, 2019, from https://www.ilo.org/wesodata/

Manyika, J., Lund, S., Chui, M., Bughin, J., Woetzel, J., Batra, P., ... Sanghvi, S. (2017). Jobs lost, jobs gained: What the future of work will mean for jobs, skills, and wages. Retrieved from McKinsey & Company website: https://www.mckinsey.com/featured-insights/future-of-work/jobs-lost-jobs-gained-what-the-future-of-work-will-mean-for-jobs-skills-and-wages

Hinojosa, F. C. (2017, April 20). The Restoration Revolution. The Mark News. Retrieved from http://www.themarknews.com/2017/04/20/the-restoration-revolution/

International Labour Organization. (2018). World employment social outlook 2018: Greening with jobs. Geneva, Switzerland: ILO.

Village Capital. (2018). Automation for good: Can automation and artificial intelligence benefit the workforce?. San Francisco, CA: Author.

Migration data portal. (n.d.). Immigration & emigration statistics: Human trafficking. Retrieved April 17, 2019, from https://migrationdataportal.org/themes/human-trafficking

Mason, M., Mendoza, M., & McDowe, R. (2015). Seafood from slaves - An AP investigation helps free slaves in the 21st century. Associated Press. Retrieved from https://www.ap.org/explore/seafood-from-slaves/

Morgan Stanley. (2018, May 4). The gig economy goes global. Retrieved April 17, 2019, from https://www.morganstanley.com/ideas/freelance-economy

Hickel, J. (2018, September 12). Why Growth Can't Be Green. FP. Retrieved from https://foreignpolicy.com/2018/09/12/why-growth-cant-be-green/

Oberle, B., Bringezu, S., Hatfeld-Dodds, S., Hellweg, S., Schandl, H., Clement, J., & Zhu, B. (2019). Global resources outlook 2019: Natural resources for the future we want - Implications for business leaders. Nairobi, Kenya: International Resource Panel; United Nations Environment Programme.

Objectif 9 : Industrie, Innovation Et Infrastructures

Egler, H. P., & Frazao, R. (2016). Sustainable infrastructure and finance: How to contribute to a sustainable future (Inquiry Working Paper 16/09). Retrieved from UNEP Inquiry and Global Infrastructure Basel (GIB) website: http://unepinquiry.org/wp-content/uploads/2016/06/Sustainable_Infrastructure_and_Finance.pdf

Accenture, GeSI. (2018). Enabling The Global Goals: Evidence of digital solutions' impact on achieving the Sustainable Development Goals (SDGs). Retrieved from https://gesi.org/download-report/b8kdVIMhL0uKyPnLFwqiJ0AyECmFa4eX.pdf

International Telecommunication Union. (2018). 2018 global and regional ICT estimates. Retrieved from ITU website: https://www.itu.int/en/ITU-D/Statistics/Pages/stat/default.aspx

Berkley, S. (2018, October 19). Africa is helping the drone industry get off the ground. Here's how. Retrieved April 17, 2019, from https://www.weforum.org/agenda/2018/10/drones-for-development-can-deliver-innovation-for-the-whole-industry-heres-how

Lydgate, A. (2018, September 18). How zipline helps remote regions get blood from a drone. WIRED. Retrieved from https://www.wired.com/story/wired25-anne-wojcicki-keller-rinaudo-zipline-medical-drones/

World Economic Forum. (n.d.). New paradigms for drone regulation. Retrieved April 17, 2019, from https://www.weforum.org/projects/new-paradigms-for-drone-regulation

Park, K., & Clenfield, J. (2019, January 18). How the cargo industry is cleaning up its filthy act. Bloomberg. Retrieved from https://www.bloomberg.com/news/articles/2019-01-17/how-the-cargo-ship-industry-is-cleaning-up-its-filthy-act

Owens, J., & Wilhelm, L. (2017, June 26). Alternative data transforming SME finance [Web log post]. Retrieved from SME Finance website: http://www.smefinanceforum.org/post/alternative-data-transforming-sme-finance-0

Intergovernmental Panel on Climate Change. (2014). AR5 synthesis report: Climate change 2014. Retrieved from IPCC website: https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/05/SYR_AR5_FINAL_full_wcover.pdf

The World Bank Group. (n.d.). Annual freshwater withdrawals, industry (% of total freshwater withdrawal). Retrieved April 17, 2019, from https://data.worldbank.org/indicator/ER.H2O.FWIN.ZS

Accenture, & World Economic Forum. (2018). Driving the sustainability of production systems with fourth industrial revolution innovation. Retrieved from World Economic Forum website: http://www3.weforum.org/docs/WEF_39558_White_Paper_Driving_the_Sustainability_of_Production_Systems_4IR.pdf

Mission Innovation. (n.d.). IC6: Clean Energy Materials – Mission Innovation. Retrieved April 17, 2019, from http://mission-innovation.net/our-work/innovation-challenges/clean-energy-materials/

Simonite, T. (2017, March 17). Better living through quantum chemistry. MIT Technology Review. Retrieved from https://www.technologyreview.com/s/603794/chemists-are-first-in-line-for-quantum-computings-benefits/

Canine, W. (2018, August 29). The Synbio Stack, Part 1. Retrieved April 17, 2019, from https://synbiobeta.com/the-synbio-stack-part-1/

Murphy, S. E. (2018, January 8). Why Siemens, GE and Rolls-Royce are turning to 3D printing [Web log post]. Retrieved from GreenBiz website: https://www.greenbiz.com/article/why-siemens-ge-and-rolls-royce-are-turning-3d-printing

Ford, S., & Despeisse, M. (2016). Additive manufacturing and sustainability: An exploratory study of the advantages and challenges. Journal of Cleaner Production, 137, 1573-1587. doi:10.1016/j.jclepro.2016.04.150

Dennehy, K. (2017, November 14). 3D printing and the environment: The implications of additive manufacturing. Retrieved April 17, 2019, from http://environment.yale.edu/news/article/additive-manufacturing-and-sustainability-the-environmental-implications-of-3d-printing

OECD. (2017). The next production revolution: Implications for governments and business. Paris, France: OECD Publishing.

Wiener, A. (2017, November 29). Inside Adidas? Robot-Powered, On-Demand Sneaker Factory. WIRED. Retrieved from https://www.wired.com/story/inside-speedfactory-adidas-robot-powered-sneaker-factory/

Ellen MacArthur Foundation. (n.d.). Case studies: Short-loop recycling of plastics in vehicle manufacturing. Retrieved April 17, 2019, from https://www.ellenmacarthurfoundation.org/case-studies/short-loop-recycling-of-plastics-in-vehicle-manufacturing

Deahl, D. (2018, April 19). Daisy is Apple's new iPhone-recycling robot. The Verge. Retrieved from https://www.theverge.com/2018/4/19/17258180/apple-daisy-iphone-recycling-robot

Dahir, A. L. (2018, December 11). Half the world is now connected to the internet—driven by a record number of Africans. Quartz Africa. Retrieved from https://qz.com/africa/1490997/more-than-half-of-worlds-population-using-the-internet-in-2018/

The World Bank. (2016). World development report 2016: Digital dividends. Washington, DC: World Bank Publications.

Sample, I. (2019, January 10). Universal internet access unlikely until at least 2050, experts say. The Guardian. Retrieved from https://www.theguardian.com/technology/2019/jan/10/universal-internet-access-unlikely-until-2050-experts-say-lack-skills-investment-slow-growth

Alliance for Affordable Internet. (n.d.). Affordability report. Retrieved April 17, 2019, from https://a4ai.org/affordability-report/

Schmida, S., Williams, I., & Lovegrove, C. (2016). Business models for the last billion: Market approaches to increasing internet connectivity. Washington, DC: United States Agency for International Development.

Ramalingam, B., Hernandez, K., Martin, P. P., & Faith, B. (2016). Ten frontier technologies for international development: Connectivity: Technology reviews. Retrieved from Institute of Development Studies website: https://opendocs.ids.ac.uk/opendocs/bitstream/handle/123456789/12637/Part_2_Connectivity.pdf

Sambuli, N. (2108, January). Digitalisation: Access for everyone. Akzente , 1(18). Retrieved from https://akzente.giz.de/en/artikel/access-everyone

Backhaul (telecommunications). (2006, April 4). In Wikipedia. Retrieved April 17, 2019, from https://en.wikipedia.org/wiki/Backhaul_(telecommunications)

Orange. (2018, April 16). Welcome to extreme connectivity. Retrieved April 17, 2019, from https://hellofuture.orange.com/en/welcome-extreme-connectivity/

Davies, A. (2018, July 11). Inside X, the Moonshot Factory Racing to Build the Next Google. WIRED. Retrieved from https://www.wired.com/story/alphabet-google-x-innovation-loon-wing-graduation/

Coldewey, D. (2018, June 26). Facebook permanently grounds its Aquila solar-powered internet plane [Web log post]. Retrieved from Tech Crunch website: https://techcrunch.com/2018/06/26/facebook-permanently-grounds-its-aquila-solar-powered-internet-plane/

Pressman, A. (2019, January 25). Why Facebook, SpaceX and Dozens of others are battling over Internet access from space. Fortune. Retrieved from http://fortune.com/2019/01/25/facebook-spacex-internet-access-space/

Finley, K. (2018, March 1). Can these small satellites solve the riddle of internet from space? WIRED. Retrieved from https://www.wired.com/story/can-these-small-satellites-solve-the-riddle-of-internet-from-space/

Solon, O. (2018, April 20). 'It's digital colonialism': How Facebook's free internet service has failed its users. The Guardian. Retrieved from https://www.theguardian.com/technology/2017/jul/27/facebook-free-basics-developing-markets

Nagasawa, T., Pillay, C., Beier, G., Fritzsche, K., Pougel, F., Takama, T., The, K., and Bobashev, I. (2017). Accelerating clean energy through Industry 4.0: Manufacturing the next revolution. Vienna, Austria: United Nations Industrial Development Organization.

Objectif 10 : Inégalités Réduites

Ratcliff, A. (2018, January 22). Richest 1 percent bagged 82 percent of wealth created last year - poorest half of humanity got nothing. Retrieved from https://www.oxfam.org/en/pressroom/pressreleases/2018-01-22/richest-1-percent-bagged-82-percent-wealth-created-last-year

DNV GL, UNGC and Sustainia. (2018). Global Opportunity Report 2018. Retrieved from https://www.unglobalcompact.org/docs/publications/Global_Opportunity_Report_2018.pdf

United Nations High Commissioner for Refugees. (n.d.). Figures at a Glance. Retrieved April 17, 2019, from https://www.unhcr.org/figures-at-a-glance.html

Oxfam International. (2018). 5 shocking facts about extreme global inequality and how to even it up. Retrieved from https://www.oxfam.org/en/even-it/5-shocking-facts-about-extreme-global-inequality-and-how-even-it-davos

Ward, H. (2017, November 6). Carta— Creating more owners. Medium. Retrieved from https://medium.com/@henrysward/carta-ownership-management-26291ee58313

Mission Société Numérique. (n.d.). Inclusion numérique. Retrieved April 17, 2019, from https://societenumerique.gouv.fr/inclusion-numerique/

Schrader-King, K. (2019, April 4). Disability inclusion overview. Retrieved April 17, 2019, from https://www.worldbank.org/en/topic/disability#1

Schembri, F. (2018, April 25). Digital diplomas. MIT Technology Review. Retrieved from https://www.technologyreview.com/s/610818/digital-diplomas/

UNHCR Innovation Service, & UN Global Pulse. (2017). Social media and forced displacement: Big data analytics & machine-learning. Retrieved from United Nations website: http://unglobalpulse.org/sites/default/files/White%20Paper%20Social%20Media%203_0.pdf

Juskalian, R. (2018, April 12). Inside the Jordan refugee camp that runs on blockchain. MIT Technology Review. Retrieved from https://www.technologyreview.com/s/610806/inside-the-jordan-refugee-camp-that-runs-on-blockchain/

Foxworth, R. (2018, February 18). Wealth inequality and the fallacies of impact investing. Medium. Retrieved from https://medium.com/balle/wealth-inequality-and-the-fallacies-of-impact-investing-eea902924309

Stiglitz, J. E. (2018, August 22). Meet the 'change agents' who are enabling inequality. The New York Times. Retrieved from https://www.nytimes.com/2018/08/20/books/review/winners-take-all-anand-giridharadas.html

Crichton, D. (2018, June 23). Open source sustainability [Web log post]. Retrieved from Tech Crunch website: https://techcrunch.com/2018/06/23/open-source-sustainability

Roubini, N. (2018, October 29). Blockchain isn't about democracy and decentralisation – it's about greed. The Guardian. Retrieved from https://www.theguardian.com/technology/2018/oct/15/blockchain-democracy-decentralisation-bitcoin-price-cryptocurrencies

Objectif 11 : Villes Et Communautés Durables

UN_HABITAT. (2016). The new urban agenda (A/RES/71/256*). Retrieved from UN-HABITAT website: http://habitat3.org/wp-content/uploads/NUA-English.pdf

The World Bank. (2019, April 1). Overview. Retrieved April 17, 2019, from http://www.worldbank.org/en/topic/urbandevelopment/overview

UNICEF, ARM, Dalberg. (n.d.). Tech Bets for an Urban World: What the tech sector can do to improve children's lives in a rapidly urbanizing world. Retrieved April 17, 2019, from https://wcmsprod.unicef.org/innovation/media/166/file

Marrs, C. (2018, March 26). Can rooftop extensions help solve the housing crisis? The Architects' Journal. Retrieved from https://www.architectsjournal.co.uk/news/can-rooftop-extensions-help-solve-the-housing-crisis/10029291.article

UN-Habitat. (n.d.). Housing & slum upgrading. Retrieved April 17, 2019, from https://unhabitat.org/urban-themes/housing-slum-upgrading/

Kumar, S. (2018, December 24). Indians promised benefits of 100 smart cities, but the poor are sidelined again [Web log post]. Retrieved from The Conversation website: https://theconversation.com/indians-promised-benefits-of-100-smart-cities-but-the-poor-are-sidelined-again-107787

UNICEF, & ARM. (2017). Innovation for children in an urbanizing world: A use-case handbook. New York, NY: UNICEF.

BYD Auto. (n.d.). In Wikipedia. Retrieved April 17, 2019, from https://en.wikipedia.org/wiki/BYD_Auto

Eaves, S., & Eaves, J. (2004). A cost comparison of fuel-cell and battery electric vehicles. Journal of Power Sources, 130(1-2), 208-212. doi:10.1016/j.jpowsour.2003.12.016

Poon, L. (2018, May 8). How China took charge of the electric bus revolution. CityLab . Retrieved from https://www.citylab.com/transportation/2018/05/how-china-charged-into-the-electric-bus-revolution/559571/

OECD, & IEA. (2018). Global EV outlook 2018: Key findings. Retrieved from OECD/IEA website: https://www.iea.org/gevo2018/

Shahan, Z. (2017, September 7). IEA gets hilariously slammed for obsessively inaccurate renewable energy forecasts [Web log post]. Retrieved from CleanTechnica website: https://cleantechnica.com/2017/09/06/iea-gets-hilariously-slammed-continuously-pessimistic-renewable-energy-forecasts/

Self-driving car. (2003, June 14). In Wikipedia. Retrieved April 17, 2019, from https://en.wikipedia.org/wiki/Self-driving_car#Potential_advantages

Organisation for Economic Co-operation and Development. (2018). Safer roads with automated vehicles? Retrieved from ITF/OECD website: https://www.itf-oecd.org/sites/default/files/docs/safer-roads-automated-vehicles.pdf

Organisation for Economic Co-operation and Development. (2015). Urban mobility system upgrade: How shared self-driving cars could change city traffic. Retrieved from International Transport Forum website: http://15cpb_self-drivingcars.pdf

Watts, M. (2018, July 30). How cities can shape the future that autonomous vehicles promise [Web log post]. Retrieved from C40 website: https://www.c40.org/blog_posts/cities-can-shape-the-future-autonomous-vehicles

CBS Insights. (2018, October 31). Unbundling The Autonomous Vehicle [Web log post]. Retrieved from https://www.cbinsights.com/research/startups-drive-auto-industry-disruption/

Institute for Transportation and Development Policy. (2015, November 12). A global high shift cycling scenario. Retrieved April 16, 2019, from https://www.itdp.org/2015/11/12/a-global-high-shift-cycling-scenario/

Mobility as a service. (n.d.). In Wikipedia. Retrieved April 16, 2019, from https://en.wikipedia.org/wiki/Mobility_as_a_service

Nicola, S., & Behrmann, E. (2018, August 17). 'Peak Car? and the end of an industry [Web log post]. Retrieved from BloombergQuint website: https://www.bloombergquint.com/business/-peak-car-and-the-end-of-an-industry

Dickey, M. R. (2019, January 30). Electric scooter startup Grin merges with Brazil-based Yellow [Web log post]. Retrieved from Tech Crunch website: https://techcrunch.com/2019/01/30/electric-scooter-startup-grin-merges-with-brazil-based-yellow/

Arbib, J., & Seba, T. (2017). Rethinking transportation 2020-2030: A RethinkX Sector disruption report. Retrieved from RethinkX Sector website: http://bit.ly/2xpDQwx

Land Transport Authority. (2019, February 29). Electronic Road Pricing (ERP). Retrieved April 16, 2019, from https://www.lta.gov.sg/content/ltaweb/en/roads-and-motoring/managing-traffic-and-congestion/electronic-road-pricing-erp.html

Urban metabolism. (n.d.). In Wikipedia. Retrieved April 16, 2019, from https://en.wikipedia.org/wiki/Urban_metabolism

Taylor, M. (2018, October 27). Air pollution is the 'new tobacco?, warns WHO head. The Guardian. Retrieved from https://www.theguardian.com/environment/2018/oct/27/air-pollution-is-the-new-tobacco-warns-who-head

Green City Solutions. (n.d.). Solutions. Retrieved April 16, 2019, from https://greencitysolutions.de/en/solutions/#section2

Garfield, L., & Thompson, C. (2018, January 29). The world's first 'smog vacuum cleaner' can suck up air pollution and turn it into jewellery. Indipendent. Retrieved from https://www.independent.co.uk/environment/smog-vacuum-cleaner-air-pollution-daan-roosegaarde-netherlands-china-poland-a8183236.html

UNDP. (n.d.). Baidu Recycle. Retrieved from http://www.cn.undp.org/content/china/en/home/ourwork/our_campaigns/e-waste/

Ellen MacArthur Foundation. (2019). Cities and Circular Economy for Food. Ellen MacArthur Foundation. Retrieved from https://www.ellenmacarthurfoundation.org/assets/downloads/CCEFF_Full-report-pages_May-2019_Web.pdf

Hydroponics. (2001, November 13). In Wikipedia. Retrieved April 16, 2019, from https://en.wikipedia.org/wiki/Hydroponics

Oberhaus, D. (2016, December 19). MIT Wants to Turn Everyone Into a Farmer With Its Food Computers [Web log post]. Retrieved from https://motherboard.vice.com/en_us/article/kb7yx3/mit-wants-to-turn-everyone-into-a-farmer-with-its-food-computers

Pfanner, E., & Inagaki, K. (2014, July 6). In Japan, idled electronics factories find new life in farming. The Wall Street Journal. Retrieved from https://www.wsj.com/articles/in-japan-idled-electronics-factories-find-new-life-in-farming-1404700202

Li, J., & Makumbe, P. (2017, July 8). LED street lighting: Unburdening our cities [Web log post]. Retrieved from. Retrieved from The World Bank website: http://blogs.worldbank.org/energy/led-street-lighting-unburdening-our-cities

Adler, L. (2016, August 29). SimCities: Designing smart cities through data-driven simulation [Web log post]. Retrieved from https://datasmart.ash.harvard.edu/news/article/simcities-designing-smart-cities-through-data-driven-simulation-893

Gordon, E. (n.d.). Participatory Chinatown [Web log post]. Retrieved from https://elab.emerson.edu/projects/participatory-chinatown

Sterling, B. (2018, February 12). Stop saying 'Smart Cities'. The Atlantic. Retrieved from https://www.theatlantic.com/technology/archive/2018/02/stupid-cities/553052/

Mattern, S. (2017). A city is not a computer. Places Journal, (2017). doi:10.22269/170207

Bliss, L. (2018, December 18). Sidewalk Lab's vision for the future gets a little clearer. CityLab. Retrieved from https://www.citylab.com/design/2018/11/sidewalk-labs-quayside-toronto-smart-city-google-alphabet/577078/

Balsillie, J. (2018, November 29). Sidewalk Toronto has only one beneficiary, and it is not Toronto. The Globe and Mail. Retrieved from https://www.theglobeandmail.com/opinion/article-sidewalk-toronto-is-not-a-smart-city/

Wylie, B. (2017, November 13). Civic Tech: A list of questions we'd like Sidewalk Labs to answer. Torontoist. Retrieved from https://torontoist.com/2017/10/civic-tech-list-questions-wed-like-sidewalk-labs-answer/

Forster, R. (2018, April 3). How Barcelona's smart city strategy is giving 'power to the people?. ITU News. Retrieved from https://news.itu.int/how-barcelonas-smart-city-strategy-is-giving-power-to-the-people/

Wilding, M. (2018, May 11). Private companies want to replace public transport. Should we let them?. The Guardian. Retrieved from https://www.theguardian.com/cities/2018/mar/29/public-transport-transit-private-companies-citymapper-uber-whim-smart-buses

Taylor, A. (2018, March 22). The Bike-Share Oversupply in China: Huge Piles of Abandoned and Broken Bicycles. The Atlantic. Retrieved from https://www.theatlantic.com/photo/2018/03/bike-share-oversupply-in-china-huge-piles-of-abandoned-and-broken-bicycles/556268/

Chase, R. (2016, August 10). Self-driving cars will improve our cities. if they don't ruin them. WIRED. Retrieved from https://www.wired.com/2016/08/self-driving-cars-will-improve-our-cities-if-they-dont-ruin-them/

ADEME. (2014). Traitement mecano-biologique (TMB). Retrieved from Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie website: https://www.ademe.fr/sites/default/files/assets/documents/expertise_dechets_fiche_technique_tmb.pdf

Objectif 12 : Consommation Et Production Responsables

Balde, C. P., Forti, V., Gray, V., Kuehr, R., & Stegmann, P. (2017). The global e-waste monitor 2017: Quantities, flows and resources. United Nations University, International Telecommunication Union, and International Solid Waste Association.

Earth Overshoot Day 2019 before June 5. (n.d.). Retrieved April 16, 2019, from https://www.overshootday.org/

Farmer, T. (n.d.). Clean synthesis [Web log post]. Retrieved from https://www.york.ac.uk/chemistry/research/green/research/cleansynthesis/

Paslier, P. (2017, December 14). As shops ditch plastic packaging, seaweed will take over. WIRED. Retrieved from https://www.wired.co.uk/article/post-plastic-future-seaweed-packaging-wired-world-2018

Fermentation. (n.d.). In Wikipedia. Retrieved April 16, 2019, from https://en.wikipedia.org/wiki/Fermentation

Lathrop, J. (2016, July 14). 'Green' electronic materials produced with synthetic biology. University of Massachusetts Amherst. Retrieved from https://www.umass.edu/newsoffice/article/%E2%80%98green%E2%80%99-electronic-materials-produced

Armstrong, S. (2018, April 9). These startups are turning CO2 pollution into something useful. WIRED. Retrieved from https://www.wired.co.uk/article/xprize-global-warming-climate-change-co2-pollution

Clancy, H. (2017, December 6). The quest to create carbon-negative concrete [Web log post]. Retrieved from https://www.greenbiz.com/article/quest-create-carbon-negative-concrete

Black, K. (2018, March 29). Urban Mining and Circular Construction – what, why and how it works [Web log post]. Retrieved from https://www.metabolic.nl/news/urban-mining-circular-construction/

Ellen Mac Arthur Foundation. (n.d.). Circular economy system diagram [Infographic]. Retrieved from https://www.ellenmacarthurfoundation.org/circular-economy/infographic

Makower, J. (2019, January 24). Loop's launch brings reusable packaging to the world's biggest brands [Web log post]. Retrieved from https://www.greenbiz.com/article/loops-launch-brings-reusable-packaging-worlds-biggest-brands

"Demailly, D., Novel, A.-S. (2014). The sharing economy: make it sustainable, Studies N°03/14, IDDRI, Paris, France, 30 p."

Ganeriwalla, A., Casey, M., Shrikrishna, P., Bender, J. P., & Gstettner, S. (2018, March 16). Does your supply chain need a blockchain? Retrieved April 16, 2019, from https://www.bcg.com/publications/2018/does-your-supply-chain-need-blockchain.aspx

IBM. (n.d.). IBM Food Trust. Retrieved April 16, 2019, from https://www.ibm.com/blockchain/solutions/food-trust

Jeffries, A. (2018, March 7). 'Blockchain' is meaningless. Retrieved April 16, 2019, from https://www.theverge.com/2018/3/7/17091766/blockchain-bitcoin-ethereum-cryptocurrency-meaning

CBS Insights. (2018, November 5). The fintech 250: The top fintech startups of 2018. Retrieved from CBS Insights website: https://www.cbinsights.com/research/fintech-250-startups-most-promising/

Rebound effect (conservation). (2007, March 31). In Wikipedia. Retrieved April 16, 2019, from https://en.wikipedia.org/wiki/Rebound_effect_(conservation)

Kozlowska, H. (2018, August 13). Shoppers are buying clothes just for the Instagram pic, and then returning them. Retrieved April 16, 2019, from https://qz.com/quartzy/1354651/shoppers-are-buying-clothes-just-for-the-instagram-pic-and-then-return-them/

Objectif 13 : Lutte Contre Les Changements Climatiques

Burke, M., Davis, W. M., & Diffenbaugh, N. S. (2018). Large potential reduction in economic damages under UN mitigation targets. Nature, 557(7706), 549-553. doi:10.1038/s41586-018-0071-9

Climate Action Tracker. (2018). Some progress since Paris, but not enough, as governments amble towards 3°C of warming. Retrieved from CAT website: https://climateactiontracker.org/documents/507/CAT_2018-12-11_Briefing_WarmingProjectionsGlobalUpdate_Dec2018.pdf

Carrington, D. (2018, December 3). David Attenborough: collapse of civilisation is on the horizon. The Guardian [Katowice, Poland]. Retrieved from https://www.theguardian.com/environment/2018/dec/03/david-attenborough-collapse-civilisation-on-horizon-un-climate-summit

Solar radiation management. (2008, December 14). In Wikipedia. Retrieved April 16, 2019, from https://en.wikipedia.org/wiki/Solar_radiation_management

Rockström, J., Gaffney, O., Rogelj, J., Meinshausen, M., Nakicenovic, N., & Schellnhuber, H. J. (2017). A roadmap for rapid decarbonization. Science, 355(6331), 1269-1271. doi:10.1126/science.aah3443

Global Climate Action Summit. (2018). The exponential climate action roadmap. San Francisco, CA: Author.

Carbon Brief. (2018, October 8). In-depth Q&A: The IPCC's special report on climate change at 1.5C [Web log post]. Retrieved from https://www.carbonbrief.org/in-depth-qa-ipccs-special-report-on-climate-change-at-one-point-five-c

Pidcock, P. (2015, August 3). Two degree climate target not possible without 'negative emissions', scientists warn [Web log post]. Retrieved from https://www.carbonbrief.org/two-degree-climate-target-not-possible-without-negative-emissions-scientists-warn

Carbon Brief. (2019, January 8). Explainer: 10 ways 'negative emissions' could slow climate change [Web log post]. Retrieved from https://www.carbonbrief.org/explainer-10-ways-negative-emissions-could-slow-climate-change

Khan Academy. (n.d.). The carbon cycle. Retrieved April 16, 2019, from https://www.khanacademy.org/science/biology/ecology/biogeochemical-cycles/a/the-carbon-cycle

McDonough, W. (2016). Carbon is not the enemy. Nature, 539(7629), 349-351. doi:10.1038/539349a

NCE. (2018). Building a new carbon economy: An innovation plan. Retrieved from New Carbon Economy Consortium website: https://static1.squarespace.com/static/5b9362d89d5abb8c51d474f8/t/5b98383aaa4a998909c4b606/1536702527136/ccr02.innovationplan.FNL.pdf

Holmer, M. (2018, November 1). Underwater meadows of seagrass could be the ideal carbon sinks. Smithsonian.com. Retrieved from https://www.smithsonianmag.com/science-nature/underwater-meadows-seagrass-could-be-ideal-carbon-sinks-180970686/

Enhanced weathering. (n.d.). In Wikipedia. Retrieved April 16, 2019, from https://en.wikipedia.org/wiki/Enhanced_weathering

Climeworks. (2017, October 12). Climeworks and CarbFix2: The world's first carbon removal solution through direct air capture [Web log post]. Retrieved from http://www.climeworks.com/climeworks-and-carbfix2-the-worlds-first-carbon-removal-solution-through-direct-air-capture/

Beerling, D., & Long, S. (2018, February 21). Guest post: How 'enhanced weathering? could slow climate change and boost crop yields [Web log post]. Retrieved from https://www.carbonbrief.org/guest-post-how-enhanced-weathering-could-slow-climate-change-and-boost-crop-yields

"Lopez, G., Abbott, Z., Rau, G., Kozhukh, L., & Altman, S. (n.d.). Electro-geo chemistry. Retrieved April 16, 2019, from http://carbon.ycombinator.com/electro-geo-chemistry/"

Waite, M. (2018, November 28). Kiverdi CEO Lisa Dyson seeks to extract value from CO2. Retrieved April 16, 2019, from https://www.greenbiz.com/article/kiverdi-ceo-lisa-dyson-seeks-extract-value-co2

Lim, H. (2018, October 1). We need to talk about carbon removal. Medium. Retrieved from https://medium.com/@hhlim/we-need-to-talk-about-carbon-removal-40685871429c

Doyle, A. (2019, January 14). Antarctica's melt quickens, risks meters of sea level rise: study. Reuters [Oslo]. Retrieved from https://www.reuters.com/article/us-antarctica-melt/antarcticas-melt-quickens-risks-meters-of-sea-level-rise-study-idUSKCN1P82CL

Heinrich-Böll-Stiftung. (2018, June 15). A technofix for the climate? Land-based geoengineering (BECCS) [YouTube]. Retrieved from https://www.youtube.com/watch?v=qLsH84dlV1Y

CNRS. (2017, June 21). How phytoplankton rule the oceans. Retrieved April 16, 2019, from https://phys.org/news/2017-06-phytoplankton-oceans.html

Iron fertilization. (n.d.). In Wikipedia. Retrieved April 16, 2019, from https://en.wikipedia.org/wiki/Iron_fertilization

Lopez, G., Abbott, Z., Rau, G., Kozhukh, L., & Altman, S. (n.d.). Ocean phytoplankton. Retrieved April 16, 2019, from http://carbon.ycombinator.com/ocean-phytoplankton

Lopez, G., Abbott, Z., Rau, G., Kozhukh, L., & Altman, S. (n.d.). Desert flooding. Retrieved April 16, 2019, from http://carbon.ycombinator.com/desert-flooding/

Lopez, G., Abbott, Z., Rau, G., Kozhukh, L., & Altman, S. (n.d.). Cell-free systems. Retrieved April 16, 2019, from http://carbon.ycombinator.com/cell-free-systems/

Donnelly, A. (2018, July 17). Why carbon pricing hasn't worked so far. Retrieved April 16, 2019, from https://nori.com/podcast/31-aldyen-donnelly-on-why-carbon-pricing-hasnt-worked-so-far

Maximilian, L. (2018, September 10). AI speeds up climate computations. Retrieved April 16, 2019, from https://phys.org/news/2018-09-ai-climate.html

Victor, D. V. (2019, January 10). How artificial intelligence will affect the future of energy and climate. Retrieved from Brookings website: https://www.brookings.edu/research/how-artificial-intelligence-will-affect-the-future-of-energy-and-climate/

Meyer, R. (2018, September 25). Google's new tool to fight climate change. The Atlantic. Retrieved from https://www.theatlantic.com/technology/archive/2018/09/google-climate-change-greenhouse-gas-emissions/571144/

Climate-ADAPT. (n.d.). Identifying adaptation options. Retrieved April 16, 2019, from https://climate-adapt.eea.europa.eu/knowledge/tools/urban-ast/step-3-1/

Schwartz, J. (2018, September 13). How can AI help to prepare for floods in a climate-changed world. Scientific American. Retrieved from https://www.scientificamerican.com/article/former-fema-chief-uses-ai-to-prepare-for-hurricanes-and-rising-seas/

Jegillos, S. (2017, February 10). Drones join the fight against climate change risks in the Maldives [Web log post]. Retrieved from http://www.undp.org/content/undp/en/home/blog/2017/2/10/Using-drones-to-address-climate-change-risks-in-the-Maldives.html

Ives, M. (2017, January 27). As climate change accelerates, floating cities look like less of a pipe dream. The New York Times. Retrieved from https://www.nytimes.com/2017/01/27/world/australia/climate-change-floating-islands.html

The Seasteading Institute. (2018, September 17). Floating island project. Retrieved April 16, 2019, from https://www.seasteading.org/floating-city-project/

Rich, N. (2018, August 1). Losing earth: The decade we almost stopped climate change. The New York Times. Retrieved from https://www.nytimes.com/interactive/2018/08/01/magazine/climate-change-losing-earth.html

Klein, N. (2018, August 3). Capitalism killed our climate momentum, not "human nature". The Intercept. Retrieved from https://theintercept.com/2018/08/03/climate-change-new-york-times-magazine/

Breakthrough Energy Coalition. (2016). The landscape of innovation. Retrieved April 16, 2019, from http://www.b-t.energy/wp-content/uploads/2016/10/BreakthroughEnergyCoalition_Landscape.pdf

Simon, M. (2018, October 29). Carbon capture is messy and fraught—but might be essential. WIRED. Retrieved from https://www.wired.com/story/carbon-capture-is-messy-and-fraughtbut-might-be-essential/

UNCC. (2018, October 11). Low-income countries hit hardest by soaring costs of climate-related disasters. UN Climate Change News. Retrieved from https://unfccc.int/news/low-income-countries-hit-hardest-by-soaring-costs-of-climate-related-disasters

Henderson, C. (2018, June 11). 'Technology' enabling adaptation to climate change [Web log post]. Retrieved from https://practicalaction.org/blog/programmes/climate_change/technology-enabling-adaptation-to-climate-change/

Objectif 14 : Vie Aquatique

FAO. (2018). The state of world fisheries and aquaculture: Meeting the sustainable development goals. Rome, Italy: Food and Agriculture Organization.

Tanzer, J., Phua, C., Jeffries, B., Lawrence, A., Gonzales, A., Gamblin, P., & Roxburgh, T. (2015). Living blue planet report: Species, habitats and human well-being. NCP SA and Cavin SA, Switzerland: WWF International.

Becker, R. (2019, January 9). Why so many of us wanted to believe in an ocean cleanup system that just broke. The Verge. Retrieved from https://www.theverge.com/2019/1/9/18175940/ocean-cleanup-breaks-plastic-pollution-silicon-valley-boyan-slat-wilson

IBM. (n.d.). The plastic bank. Retrieved April 16, 2019, from https://www.ibm.com/case-studies/plastic-bank

Interface, Inc. (n.d.). The Net-Works programme. Retrieved April 16, 2019, from https://www.interface.com/EU/en-GB/about/mission/Net-Works-en_GB

WIRED Insider. (2018, January 9). Adidas and Parley are saving the oceans – one shoe at a time. WIRED . Retrieved from https://www.wired.co.uk/article/ocean-shoes-parley-recycle-materials-plastic

Ocean Conservancy, & McKinsey Center for Business and Environment. (2015). Stemming the tide: Land-based strategies for a plastic- free ocean. Retrieved from McKinsey & Company and Ocean Conservancy website: https://oceanconservancy.org/wp-content/uploads/2017/04/full-report-stemming-the.pdf

UN News. (2015, November 17). Biodegradable plastics are not the answer to reducing marine litter, says UN. UN News. Retrieved from https://news.un.org/en/story/2015/11/515792-biodegradable-plastics-are-not-answer-reducing-marine-litter-says-un

Hurst, N. (2018, March 28). These underwater robots offer a new way to sample microbes from the ocean. Smithonian.com. Retrieved from https://www.smithsonianmag.com/innovation/these-underwater-robots-offer-new-way-sample-microbes-from-ocean-180968577

Dunbabin, M., & Corke, P. (2015). COTSBot. Retrieved April 16, 2019, from https://wiki.qut.edu.au/display/cyphy/COTSBot

Conner-Simons, A. (2018, March 21). Soft robotic fish swims alongside real ones in coral reefs. MIT News. Retrieved from http://news.mit.edu/2018/soft-robotic-fish-swims-alongside-real-ones-coral-reefs-032

Clarke, A., & Belva, K. (2017, June 19). Global coral bleaching event likely ending. National Oceanic and Atmospheric Administration. Retrieved from https://www.noaa.gov/media-release/global-coral-bleaching-event-likely-ending

Carrington, D. (2017, December 23). New lab-bred super corals could help avert global reef wipeout. The Guardian. Retrieved from https://www.theguardian.com/environment/2017/dec/23/new-lab-bred-super-corals-could-help-avert-global-reef-wipeout

WWF-New Zealand. (n.d.). New Blockchain Project has potential to revolutionise seafood industry. Retrieved April 16, 2019, from https://www.wwf.org.nz/what_we_do/marine/blockchain_tuna_project/

FAO. (2018, September 18). Aquaculture. Retrieved from http://www.fao.org/fishery/aquaculture/en

Aquaculture. (2019, March 14). In Wikipedia. Retrieved April 16, 2019, from https://en.wikipedia.org/wiki/Aquaculture#Issues

Flagstad, O. A., & Tvedt, H. (2018, March). Aquaculture going offshore. Retrieved April 16, 2019, from https://www.dnvgl.com/feature/offshore_aquaculture.html

Hausheer, J. (2019, February 15). Aquaculture could be conservation's secret weapon [Web log post]. Retrieved from https://blog.nature.org/science/2019/01/21/aquaculture-could-be-conservations-secret-weapon/

World Economic Forum, PwC, & Stanford Woods Institute for the Environment. (2017). Harnessing the fourth industrial revolution for oceans (REF 211117 - case 00035245). Retrieved from World Economic Forum website: http://www3.weforum.org/docs/WEF_Harnessing_4IR_Oceans.pdf

Objectif 15 : Vie Terrestre

PwC, World Economic Forum. (2018, January) Fourth Industrial Revolution for the Earth: Harnessing Artificial Intelligence for the Earth. Retrieved from https://www.pwc.com/gx/en/sustainability/assets/ai-for-the-earth-jan-2018.pdf

Leahy, S. (2018, March 26). 75% of earth's land areas are degraded. National Geographic [Medellin, Colombia]. Retrieved from https://news.nationalgeographic.com/2018/03/ipbes-land-degradation-environmental-damage-report-spd/

Carrington, D. (2017, July 10). Earth's sixth mass extinction event underway, scientists warn. The Guardian. Retrieved from https://www.theguardian.com/environment/2017/jul/10/earths-sixth-mass-extinction-event-already-underway-scientists-warn

Nunez, C. (2017, June 15). Your old cell phone can help save the rain forest. National Geographic. Retrieved from https://news.nationalgeographic.com/2017/06/topher-white-engineer-rainforests-explorer-festival/

Coldewey, D. (2018, March 23). Rainforest Connection enlists machine learning to listen for loggers and jaguars in the Amazon. Retrieved April 16, 2019, from https://techcrunch.com/2018/03/23/rainforest-connection-enlists-machine-learning-to-listen-for-loggers-and-jaguars-in-the-amazon/

Hobley, E., Schulze, D. G., Robinson, D. A., Jahanshiri, E., Aitkenhead, M., Batjes, N. H., & Hengl, T. (2017, September 1). Open soil science: technology is helping us discover the mysteries under our feet. The Conversation. Retrieved from https://theconversation.com/open-soil-science-technology-is-helping-us-discover-the-mysteries-under-our-feet-81727

Padarian, J. (2018, July 24). Deep learning and Soil Science - Part 1. Retrieved April 16, 2019, from https://towardsdatascience.com/deep-learning-and-soil-science-part-1-8c0669b18097

Padarian, J. (2018, September 5). Deep learning and Soil Science— Part 2. Retrieved April 16, 2019, from https://towardsdatascience.com/deep-learning-and-soil-science-part-2-129e0cb4be94

UNDP. (2018, July 5). UN Biodiversity Lab launched to revolutionize biodiversity planning and reporting. Retrieved April 16, 2019, from https://www.undp.org/content/undp/en/home/news-centre/news/2018/un-biodiversity-lab-launched-to-revolutionize-biodiversity-plann.html

Campbell, C. (2017, July 27). China's greening of the vast Kubuqi Desert is a model for land restoration projects everywhere. Time [Baotou]. Retrieved from http://time.com/4851013/china-greening-kubuqi-desert-land-restoration/

UNEP. (2015). Review of the Kibuqi ecological restoration project: A desert green economy pilot initiative. Nairobi, Kenya: United Nations Environment Programme.

Huwyler, F., Kaeppeli, J., Serafimova, K., Swanson, E., & Tobin, J. (2014, January 1). Making conservation finance investable. Stanford Social Innovation Review. Retrieved from https://ssir.org/up_for_debate/article/making_conservation_finance_investable

Palminteri, S. (2018, January 5). 10 top conservation tech innovations from 2017. Eco Watch. Retrieved from https://www.ecowatch.com/conservation-tech-innovations-2522754536.html

Science Magazine. (2018, April 17). Here's what happens when you replace toads and turtles with 3D printed replicas in the wild [YouTube]. Retrieved from https://www.youtube.com/watch?v=m0K6Co8hxBk

O'Brien, C. (2017, August). App combines computer vision and crowdsourcing to explore Earth's biodiversity, one photo at a time. Mongabay. Retrieved from https://news.mongabay.com/wildtech/2017/08/smartphone-app-combines-computer-vision-and-crowdsourcing-to-explore-earths-biodiversity-one-photo-at-a-time/

Smith, R. (2018, March 12). How a giant Amazonian frog could help save millions of lives. World Economic Forum. Retrieved April 18, 2019, from https://www.weforum.org/agenda/2018/03/a-giant-amazonian-frog-could-help-us-solve-our-biggest-health-crisis/

Senthilingam, M. (2015, September 15). How nature's deadliest venoms are saving lives. CNN. Retrieved from https://edition.cnn.com/2015/07/15/health/deadly-venom-saves-lives/index.html

Steyn, P. (2017, March 22). New maps may help chase down poachers before they strike. National Georgraphic. Retrieved from https://news.nationalgeographic.com/2017/03/wildlife-watch-data-poaching-wildlife-trafficking/

Davies, R., Engel, H., Käppeli, J., & Wintner, T. (2016, November). Taking conservation finance to scale. McKinsey & Company. Retrieved from https://www.mckinsey.com/business-functions/sustainability-and-resource-productivity/our-insights/taking-conservation-finance-to-scale

Objectif 16 : Paix, Justice Et Institutions Efficaces

Thomson, S. (2017, January 12). We waste $2 trillion a year on corruption. Here are four better ways to spend that money. World Economic Forum. Retrieved April 18, 2019, from https://www.weforum.org/agenda/2017/01/we-waste-2-trillion-a-year-on-corruption-here-are-four-better-ways-to-spend-that-money/

Ito, J. and Howe, J. (2016). Whiplash: How to survive Our Faster Future. New York: Grand Central Publishing.

The World Bank. (2019, April 2). Fragility, Conflict & Violence: Overview. Retrieved April 15, 2019, from http://www.worldbank.org/en/topic/fragilityconflictviolence/overview

Freedom of the Press 2017. (2017, November 9). Retrieved April 15, 2019, from https://freedomhouse.org/report/freedom-press/freedom-press-2017

Ullrich, L. (2018, March 28). 'Speak your mind? to prevent conflict [Web log post]. Retrieved from https://www.undp.org/content/undp/en/home/blog/2018/_speak-your-mind-to-prevent-conflict.html

UN News. (2018, November 21). Landmine casualties high for third consecutive year despite record funding, latest monitor reports. UN News. Retrieved from https://news.un.org/en/story/2018/11/1026311

Chen, S. (2019, February 5). Is China's corruption-busting AI system being turned off for being too efficient? Techinasia. Retrieved from https://www.techinasia.com/chinas-corruptionbusting-ai-system-trust-turned-efficient

Manthorpe 20 August, R. (2018, August 20). From the fires of revolution, Ukraine is reinventing government. Wired. Retrieved from https://www.wired.co.uk/article/ukraine-revolution-government-procurement

Heller, N. (2017, December 11). Estonia, the digital republic. The New Yorker. Retrieved from https://www.newyorker.com/magazine/2017/12/18/estonia-the-digital-republic

Iipp, U. (2018, September 28). Is Estonia the Silicon Valley of digital government? [Web log post]. Retrieved from https://medium.com/iipp-blog/is-estonia-the-silicon-valley-of-digital-government-bf15adc8e1ea

Duval, M. (2018, May 28). vTaiwan : making citizens the key to public debate [Web log post]. Retrieved from https://bluenove.com/en/blog/vtaiwan-making-citizens-the-key-to-public-debate/

Horton, C. (2018, August 21). The simple but ingenious system Taiwan uses to crowdsource its laws. MIT Technology Review. Retrieved from https://www.technologyreview.com/s/611816/the-simple-but-ingenious-system-taiwan-uses-to-crowdsource-its-laws/

Leonard, A. (2018, August 16). Meet the man with a radical plan for blockchain voting. Wired. Retrieved from https://www.wired.com/story/santiago-siri-radical-plan-for-blockchain-voting/

Quadratic voting. (2019, March 15). In Wikipedia. Retrieved April 15, 2019, from https://en.wikipedia.org/wiki/Quadratic_voting

Mansky, J. (2018, May 7). The age-old problem of "fake news". Smithsonian.com. Retrieved from https://www.smithsonianmag.com/history/age-old-problem-fake-news-180968945/

Drozdiak, N. (2019, January 29). Fight harder against fake news, EU tell tech giants. Bloomberg Quint. Retrieved from https://www.bloombergquint.com/business/eu-warns-u-s-tech-giants-to-intensify-fight-against-fake-news

Volpicelli, G. (2018, November 12). As fake news flourishes, the UK's fact-checkers are turning to automation to compete. Wired. Retrieved from https://www.wired.co.uk/article/fake-news-full-fact-fact-checking-news

Poonam, S., & Bansal, S. (2019, April 1). Misinformation is endangering India's election. The Atlantic [New Delhi]. Retrieved from https://www.theatlantic.com/international/archive/2019/04/india-misinformation-election-fake-news/586123/

Thaker, A. (2018, October 3). India's real fake-news problem is visual. A startup is betting on AI to solve it. Quartz India. Retrieved from https://qz.com/india/1410387/can-ai-fight-fake-news-an-indian-startup-is-betting-it-can/

Amnesty International UK. (2018, May 9). Met Police using 'racially discriminatory' Gangs Matrix database. Retrieved April 15, 2019, from https://www.amnesty.org.uk/press-releases/met-police-using-racially-discriminatory-gangs-matrix-database

Mission Société Numérique. (n.d.). 13 millions de Français en difficulté avec le numérique. Retrieved April 15, 2019, from https://societenumerique.gouv.fr/13-millions-de-francais-en-difficulte-avec-le-numerique/

Derczynski, L., & Arildsen, V. (2019). Technology as a weapon in the battle against fake news. IT University of Copenhagen. Retrieved from https://en.itu.dk/about-itu/press/news-from-itu/2019/technology-as-a-weapon-in-the-battle-against-fake-news

Objectif 17 : Partenariats Pour La Réalisation Des Objectifs

Wilson, G. R. (2016, July 18). There's a $2.5 trillion development investment gap. Blended finance could plug it. Retrieved June 7, 2019, from https://www.weforum.org/agenda/2016/07/blended-finance-sustainable-development-goals/

United Nations Capital Development Fund. (2018, September 27). Kiva, Sierra Leone and United Nations agencies partner to implement "Credit Bureau of the Future". Retrieved June 7, 2019, from https://www.uncdf.org/article/3948/kiva-sierra-leone-and-united-nations-agencies-partner-to-implement-credit-bureau-of-the-future

Kirkpatrick, R. (2016, May 31). The importance of Big Data partnerships for sustainable development. Retrieved June 7, 2019, from https://www.unglobalpulse.org/big-data-partnerships-for-sustainable-development

Open Data Watch. (2018, October 20). Open Data to Support Sustainable Development Goals. Retrieved June 7, 2019, from https://opendatawatch.com/publications/open-data-to-support-sustainable-development-goals

Stibbe, D., Reid, S., & Gilbert, J. (2019). Maximising the impact of partnerships for the SDGs: A practical guide to partnership value creation. Retrieved from The Partnering Initiative and UN DESA website: https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/2564Partnerships_for_the_SDGs_Maximising_Value_Guidebook_Final.pdf

Deng, K., Lewkowitz, M., Ruff, K., & Ryan, A. (2019). Pathways towards data interoperability for the Sustainable Development Goals in Canada. Retrieved from MaRS Discovery District website: https://www.marsdd.com/wp-content/uploads/2019/05/Pathways-Towards-Data-Interoperability-for-the-Sustainable-Development-Goals-in-Canada.pdf

RISQUES ET ENJEUX TECHNOLOGIQUES

Misra, R. (2014, May 1). All the times science fiction became science fact in one chart. Retrieved June 7, 2019, from https://io9.gizmodo.com/all-the-times-science-fiction-became-science-fact-in-on-1570282491

Iddri, FING, WWF France, GreenIT.fr (2018). White Paper Digital Technology and Environment. Retrieved from https://www.iddri.org/sites/default/files/PDF/Publications/Catalogue%20Iddri/Rapport/201804_white%20paper%20digital%20ecology.pdf

World Wide Web Foundation. (2017, June) Artificial Intelligence: The Road Ahead in Low and Middle-Income Countries. In: A Smart Webfor a More Equal Future. Washington. Retrieved from World Wide Web Foundation website http://webfoundation.org/docs/2017/07/AI_Report_WF.pdf

EFFETS PSYCHOLOGIQUES

Lewis, P. (2017, October 17). 'Our minds can be hijacked': the tech insiders who fear a smartphone dystopia. The Guardian [San Francisco]. Retrieved from https://www.theguardian.com/technology/2017/oct/05/smartphone-addiction-silicon-valley-dystopia

Freeman, D., & Freeman, J. (2017, March 22). Why virtual reality could be a mental health gamechanger. The Guardian. Retrieved from https://www.theguardian.com/science/blog/2017/mar/22/why-virtual-reality-could-be-a-mental-health-gamechanger

Bailenson, J. (2018, February 26). How to create empathy in VR. WIRED. Retrieved from https://www.wired.co.uk/article/empathy-virtual-reality-jeremy-bailenson-stanford

Searles, R. (2016, December 21). Virtual reality can leave you with an existential hangover. The Atlantic. Retrieved from https://www.theatlantic.com/technology/archive/2016/12/post-vr-sadness/511232/

The IEEE Global Initiative for Ethical Considerations in Artificial Intelligence and Autonomous Systems. (2016). Ethically aligned design: A vision for prioritizing human wellbeing with artificial intelligence and autonomous systems, Version 1. Retrieved from http://standards.ieee.org/develop/indconn/ec/autonomous_systems.html

Center for Humane Technology. (2018, December 14). Ledger of harms. Retrieved June 7, 2019, from https://ledger.humanetech.com/

Center for Humane Technology. (2019, May 1). Take control. Retrieved June 7, 2019, from https://humanetech.com/resources/take-control/

Center for Humane Technology. (2019, April 20). Design Guide. Retrieved June 7, 2019, from https://humanetech.com/design-guide/

Institute for the Future. (n.d.). Ethical OS trainings. Retrieved June 7, 2019, from http://www.iftf.org/ethicalostrainings/

VIE PRIVÉE ET SURVEILLANCE

The Guardian. (n.d.). The NSA files. Retrieved June 7, 2019, from https://www.theguardian.com/us-news/the-nsa-files

How BAE sold cyber-surveillance tools to Arab states. (2017, June 15). BBC News. Retrieved from https://www.bbc.com/news/world-middle-east-40276568

Larson, C. (2018, August 20). Who needs democracy when you have data? MIT Technology Review. Retrieved from https://www.technologyreview.com/s/611815/who-needs-democracy-when-you-have-data/

Mozur, P., Kessel, J. M., & Chan, M. (2019, April 24). Made in China, exported to the world: The surveillance state. The New York Times [Ecuador]. Retrieved from https://www.nytimes.com/2019/04/24/technology/ecuador-surveillance-cameras-police-government.html

Mozur, P. (2018, July 8). Inside China's Dystopian dreams: A.I., shame and lots of cameras. The New York Times [Zhengzhou]. Retrieved from https://www.nytimes.com/2018/07/08/business/china-surveillance-technology.html

VanderKlippe, N. (2018, June 1). In China, classroom cameras scan student faces for emotion, stoking fears of new form of state monitoring. The Globe and Mail [Beijing]. Retrieved from https://www.theglobeandmail.com/world/article-in-china-classroom-cameras-scan-student-faces-for-emotion-stoking/

Hernández, J. C. (2019, April 7). The hottest app in China teaches citizens about their leader — and, yes, there's a test. The New York Times [Changsha]. Retrieved from https://www.nytimes.com/2019/04/07/world/asia/china-xi-jinping-study-the-great-nation-app.html

Maréchal, N. (2018, November 16). Targeted advertising is ruining the Internet and breaking the world. Vice. Retrieved from https://www.vice.com/en_us/article/xwjden/targeted-advertising-is-ruining-the-internet-and-breaking-the-world

Laidler, J. (2019, March 4). High tech is watching you. The Harvard Gazette. Retrieved from https://news.harvard.edu/gazette/story/2019/03/harvard-professor-says-surveillance-capitalism-is-undermining-democracy/

EU Commission. (n.d.). EUGDPR – Information Portal. Retrieved June 7, 2019, from https://eugdpr.org/

BIAIS ALGORITHMIQUES

Hao, K. (2019, February 4). This is how AI bias really happens—and why it's so hard to fix. MIT Technology Review. Retrieved from https://www.technologyreview.com/s/612876/this-is-how-ai-bias-really-happensand-why-its-so-hard-to-fix

Angwin, J., Larson, J., Mattu, S., & Kirchner, L. (2016, May 23). Machine bias. ProPublica. Retrieved from https://www.propublica.org/article/machine-bias-risk-assessments-in-criminal-sentencing

Terzis, G. (2018, November 26). Austerity is an algorithm. Logic, (3). Retrieved from https://logicmag.io/03-austerity-is-an-algorithm/

Dastin, J. (2018, October 10). Amazon scraps secret AI recruiting tool that showed bias against women. Reuters [San Francisco]. Retrieved from https://www.reuters.com/article/us-amazon-com-jobs-automation-insight/amazon-scraps-secret-ai-recruiting-tool-that-showed-bias-against-women-idUSKCN1MK08G

Ferryman, K., & Pitcan, M. (2018). Fairness in precision medicine. Retrieved from Data & Society website: https://datasociety.net/output/fairness-in-precision-medicine/

O'Neil, C. (2016). Weapons of Math Destruction: How Big Data Increases Inequality and Threatens Democracy. Penguin Books. ISBN : 9780241296813.

Miller, A. P. (2018, July 26). Want less-biased decisions? Use algorithms. Harvard Business Review. Retrieved from https://hbr.org/2018/07/want-less-biased-decisions-use-algorithms

Thomas, R. (2018, August 7). What HBR gets wrong about algorithms and bias. Retrieved June 7, 2019, from https://www.fast.ai/2018/08/07/hbr-bias-algorithms/

Diakopoulos, N., Friedler, S., Arenas, M., Barocas, S., Hay, M., Howe, B., ... Zevenbergen, B. (n.d.). Principles for accountable algorithms and a social impact statement for algorithms. Retrieved June 7, 2019, from https://www.fatml.org/resources/principles-for-accountable-algorithms

The Declaration - Montreal Responsible AI. (n.d.). Retrieved June 7, 2019, from https://www.montrealdeclaration-responsibleai.com/the-declaration

Liberty, J. (2019, April 23). Studying the behavior of AI. MIT Media Lab. Retrieved from https://www.media.mit.edu/posts/studying-the-behavior-of-ai/

Vincent, J. (2019, April 8). AI systems should be accountable, explainable, and unbiased, says EU. The Verge. Retrieved from http://www.theverge.com/2019/4/8/18300149/eu-artificial-intelligence-ai-ethical-guidelines-recommendations

Hao, K. (2019, April 15). Congress wants to protect you from biased algorithms, deepfakes, and other bad AI. MIT Technology Review. Retrieved from https://www.technologyreview.com/s/613310/congress-wants-to-protect-you-from-biased-algorithms-deepfakes-and-other-bad-ai/

Schwab, K. (2018, May 18). This logo is like an "organic" sticker for algorithms. Fast Company. Retrieved from https://www.fastcompany.com/90172734/this-logo-is-like-an-organic-sticker-for-algorithms-that-arent-evil

Hao, K. (2019, April 15). Congress wants to protect you from biased algorithms, deepfakes, and other bad AI. MIT Technology Review. Retrieved from https://www.technologyreview.com/s/613310/congress-wants-to-protect-you-from-biased-algorithms-deepfakes-and-other-bad-ai/

High-Level Expert Group. (2018). Ethics guidelines for trustworthy AI. Retrieved from European Commission website: https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/news/ethics-guidelines-trustworthy-ai

AI Now Institute. (2019, April 24). Gender, race, and power in AI: A playlist. Medium. Retrieved June 7, 2019, from https://medium.com/@AINowInstitute/gender-race-and-power-in-ai-a-playlist-2d3a44e43d3b

MANIPULATION DES MÉDIAS

Once considered a boon to democracy, social media have started to look like its nemesis. (2017, November 4). The Economist [New York, San Francisco and Washington, DC]. Retrieved from https://www.economist.com/briefing/2017/11/04/once-considered-a-boon-to-democracy-social-media-have-started-to-look-like-its-nemesis

Bergen, M. (2019, April 2). YouTube executives ignored warnings, letting toxic videos run rampant. Bloomberg. Retrieved from https://www.bloomberg.com/news/features/2019-04-02/youtube-executives-ignored-warnings-letting-toxic-videos-run-rampant

Marwick, A., & Lewis, R. (2017). Media manipulation and disinformation online. Retrieved from Data & Society Research Institute website: https://datasociety.net/pubs/oh/DataAndSociety_MediaManipulationAndDisinformationOnline.pdf

The Guardian. (n.d.). The Cambridge Analytica files. Retrieved June 7, 2019, from https://www.theguardian.com/news/series/cambridge-analytica-files

Solon, O. (2017, July 26). The future of fake news: don't believe everything you read, see or hear. The Guardian [San Francisco]. Retrieved from https://www.theguardian.com/technology/2017/jul/26/fake-news-obama-video-trump-face2face-doctored-content

Christian, J. (2018, February 1). Experts fear face swapping tech could start an international showdown. Retrieved from https://theoutline.com/post/3179/deepfake-videos-are-freaking-experts-out

Kemeny, R. (2018, July 10). AIs created our fake video dystopia but now they could help fix it. WIRED. Retrieved from https://www.wired.co.uk/article/deepfake-fake-videos-artificial-intelligence

Goel, V., Raj, S., & Ravichandran, P. (2018, July 18). How WhatsApp leads mobs to murder in India. The New York Times. Retrieved from https://www.nytimes.com/interactive/2018/07/18/technology/whatsapp-india-killings.html

Edelman Trust Management. (2019). 2019 Edelman Trust Barometer: Global report. Retrieved from Edelman website: https://www.edelman.com/sites/g/files/aatuss191/files/2019-02/2019_Edelman_Trust_Barometer_Global_Report.pdf

Institute for the Future. (n.d.). Digital intelligence lab. Retrieved June 7, 2019, from http://www.iftf.org/partner-with-iftf/research-labs/digital-intelligence-lab/

Reporters without borders. (2019, February 4). More than 100 media outlets and organizations are backing the Journalism Trust Initiative. Retrieved June 7, 2019, from https://rsf.org/en/news/more-100-media-outlets-and-organizations-are-backing-journalism-trust-initiative

IMPACT ÉCONOMIQUE ET FUTUR DU TRAVAIL

Śledzik, K. (2013). Schumpeter's View on Innovation and Entrepreneurship. SSRN Electronic Journal. doi:10.2139/ssrn.2257783

Perez, C. (2002). Technological revolutions and financial capital: The dynamics of bubbles and golden ages. Cheltenham, UK: Edward Elgar.

Winick, E. (2018, January 25). Every study we could find on what automation will do to jobs, in one chart. MIT Technology Review. Retrieved from https://www.technologyreview.com/s/610005/every-study-we-could-find-on-what-automation-will-do-to-jobs-in-one-chart/

Sample, I. (2018, September 10). Joseph Stiglitz on artificial intelligence: 'We're going towards a more divided society'. The Guardian. Retrieved from https://www.theguardian.com/technology/2018/sep/08/joseph-stiglitz-on-artificial-intelligence-were-going-towards-a-more-divided-society

Hawking, S. (2016, December 1). This is the most dangerous time for our planet. The Guardian. Retrieved from https://www.theguardian.com/commentisfree/2016/dec/01/stephen-hawking-dangerous-time-planet-inequality

Tiku, N. T. (2018, August 27). Y Combinator learns basic income is not so basic after all. WIRED. Retrieved from https://www.wired.com/story/y-combinator-learns-basic-income-is-not-so-basic-after-all/

Weller, C. (2017, February 13). Elon Musk doubles down on universal basic income: 'It's going to be necessary'. Business Insider. Retrieved from https://www.businessinsider.com/elon-musk-universal-basic-income-2017-2?IR=T

Solon, O. (2017, April 24). Alibaba founder Jack Ma: AI will cause people 'more pain than happiness'. The Guardian [San Francisco]. Retrieved from https://www.theguardian.com/technology/2017/apr/24/alibaba-jack-ma-artificial-intelligence-more-pain-than-happiness

Sandoval, G. (2018, September 8). Underneath all the AI hype is the likelihood it threatens the poor, says this former Microsoft and Google exec. Business Insider. Retrieved from https://www.businessinsider.com/beneath-ai-hype-is-likelihood-it-threatens-the-poor-says-former-microsoft-exec-2018-9?IR=T

Sadowski, J. (2016, June 22). Why Silicon Valley is embracing universal basic income. The Guardian. Retrieved from https://www.theguardian.com/technology/2016/jun/22/silicon-valley-universal-basic-income-y-combinator

Colin, N. (2018). Hedge: A greater safety net for the entrepreneurial age. Scotts Valley, CA: Createspace Independent Publishing Platform.

Kletzer, L. G. (2018, January 31). The question with AI isn't whether we'll lose our jobs — It's how much we'll get paid. Harvard Business Review. Retrieved from https://hbr.org/2018/01/the-question-with-ai-isnt-whether-well-lose-our-jobs-its-how-much-well-get-paid

Economic Policy Institute. (2018, August). The productivity'pay gap. Retrieved June 8, 2019, from https://www.epi.org/productivity-pay-gap/

Brynjolfsson, E., & McAfee, A. (2016). The second machine age: Work, progress, and rosperity in a time of brilliant technologies. New York, NY: W W Norton & Company.

McAfee, A., & Brynjolfsson, E. (2017). Why "How many jobs will be killed by AI?" is the wrong question. In LinkedIn. Retrieved June 8, 2019, from https://www.linkedin.com/pulse/why-how-many-jobs-killed-ai-wrong-question-andrew-mcafee/

Bidshahri, R. (2018, January 29). These Are the Most Exciting Industries and Jobs of the Future. Retrieved June 8, 2019, from https://singularityhub.com/2018/01/29/these-are-the-most-exciting-industries-and-jobs-of-the-future/

World Economic Forum, & The Boston Consulting Group. (2018). Towards a reskilling revolution: A future of jobs for all. Retrieved from World Economic Forum website: http://www3.weforum.org/docs/WEF_FOW_Reskilling_Revolution.pdf

Acemoglu, D., & Restrepo, P. (2019, March 29). The revolution need not be automated. Project Syndicate. Retrieved from https://www.project-syndicate.org/commentary/ai-automation-labor-productivity-by-daron-acemoglu-and-pascual-restrepo-2019-03

Acemoglu, D., & Restrepo, P. (2019). The wrong kind of AI? Artificial intelligence and the future of labor demand. doi:10.3386/w25682

Rotman, D. (2015, June 16). Will advances in technology create a jobless future? Retrieved June 8, 2019, from https://www.technologyreview.com/s/538401/who-will-own-the-robots/

Galloway, S. (2018, February 8). Silicon Valley's tax-avoiding, job-killing, soul-sucking machine. Retrieved June 8, 2019, from https://www.esquire.com/news-politics/a15895746/bust-big-tech-silicon-valley/

Evans, J. (2017, October 22). After the end of the startup era. TechCrunch. Retrieved June 8, 2019, from https://techcrunch.com/2017/10/22/ask-not-for-whom-the-deadpool-tolls/

Elizabeth Warren proposes breaking up tech giants like Amazon and Facebook. (2019, March 10). The New York Times. Retrieved from http://www.nytimes.com/2019/03/08/us/politics/elizabeth-warren-amazon.html

OECD. (2018). OECD/G20 Base Erosion and Profit Shifting Project Tax Challenges Arising from Digitalisation – Interim Report 2018 Inclusive Framework on BEPS: Inclusive Framework on BEPS. Paris, France: OECD Publishing.

ITU News. (2018, October 4). 'Roadmap Zero? to AI and data commons. Retrieved June 8, 2019, from https://news.itu.int/roadmap-zero-to-ai-and-data-commons/

Horn, M. B. (2017, December 14). Here's how 'renewable learning funds' can transform workforce development. Retrieved June 8, 2019, from https://www.christenseninstitute.org/blog/heres-renewable-learning-funds-can-transform-workforce-development/

OECD. (n.d.). The future of work. Retrieved June 8, 2019, from https://www.oecd.org/employment/future-of-work/

World Bank. (2018). World development report 2019: The changing nature of work. Washington, DC: World Bank Publications.

AGGRAVATION DES INÉGALITÉS

Dugan, I. J. (1996, October 21). `The Internet is the great equalizer'. Bloomberg. Retrieved from https://www.bloomberg.com/news/articles/1996-10-20/the-internet-is-the-great-equalizer

Price, R. (2018, March 14). Stephen Hawking's final Reddit post was an ominous warning about the future of humanity and capitalism. Business Insider. Retrieved from https://www.businessinsider.com/stephen-hawking-final-reddit-post-automation-inequality-2018-3?IR=T

Tetlow, G. (2017, April 11). Blame technology not globalisation for rising inequality, says IMF. Financial Times [London]. Retrieved from https://www.ft.com/content/cfbd0af6-1e0b-11e7-b7d3-163f5a7f229c

Piketty, T. (2017). Capital in the twenty-first century. Cambridge, MA: Harvard University Press.

Rotman, D. (2014, October 21). What role does technology play in record levels of income inequality? Technology Review. Retrieved from https://www.technologyreview.com/s/531726/technology-and-inequality/#comments

Bughin, J., Seong, J., Manyika, J., Chui, M., & Joshi, R. (2018). Notes from the AI frontier: Modeling the impact of AI on the world economy. Retrieved from McKinsey Global Institute website: https://www.mckinsey.com/featured-insights/artificial-intelligence/notes-from-the-ai-frontier-modeling-the-impact-of-ai-on-the-world-economy

Harari, Y. N. (2017, May 24). Are we about to witness the most unequal societies in history? The Guardian. Retrieved from https://www.theguardian.com/inequality/2017/may/24/are-we-about-to-witness-the-most-unequal-societies-in-history-yuval-noah-harari

Bohan, E. (2017, March 12). 10 human body modifications you can expect in the next decade. Retrieved June 8, 2019, from https://bigthink.com/10-human-body-modifications-you-can-expect-in-the-next-decade

Chancel, L. (2018, January 24). The fairest of them all: why Europe beats the US on equality. The Guardian. Retrieved from https://www.theguardian.com/commentisfree/2018/jan/24/fairest-europeans-inequality-surged-us-europe

IMPACT DES PRODUITS ÉLECTRONIQUES

ACS. (n.d.). Endangered elements. Retrieved June 8, 2019, from https://www.acs.org/content/acs/en/greenchemistry/research-innovation/endangered-elements.html

Than, K. (2018, January 17). Critical minerals scarcity could threaten renewable energy future. Retrieved June 8, 2019, from https://earth.stanford.edu/news/critical-minerals-scarcity-could-threaten-renewable-energy-future#gs.hljw7n

Bontron, C. (2012, August 13). Rare-earth mining in China comes at a heavy cost for local villages. The Guardian. Retrieved from https://www.theguardian.com/environment/2012/aug/07/china-rare-earth-village-pollution

Wilson, T. (2017, October 27). We'll all be relying on Congo to power our electric cars. Bloomberg. Retrieved from https://www.bloomberg.com/news/articles/2017-10-26/battery-boom-relies-on-one-african-nation-avoiding-chaos-of-past

Kasinof, L. (2018, April 19). An ugly truth behind 'ethical consumerism'. The Washington Post. Retrieved from https://www.washingtonpost.com/news/theworldpost/wp/2018/04/19/conflict-free/?noredirect=on&utm_term=.55905d553224

United Nations University. (2017, December 14). E-waste rises 8% by weight in 2 years as incomes rise, prices Fall. Retrieved June 8, 2019, from https://unu.edu/media-relations/releases/ewaste-rises-8-percent-by-weight-in-2-years.html

Zacune, J. (2013). Lithium. Retrieved from GLOBAL 2000 website: http://www.foeeurope.org/sites/default/files/publications/13_factsheet-lithium-gb.pdf

Higginbotham, S. (2018, May 17). The Internet of Trash: IoT has a looming e-waste problem. IEEE Spectrum. Retrieved from https://spectrum.ieee.org/telecom/internet/the-internet-of-trash-iot-has-a-looming-ewaste-problem

Baydakova, A. (2019, January 16). Ford, LG to pilot IBM blockchain in fight against child labor. Retrieved June 8, 2019, from https://www.coindesk.com/ford-lg-to-pilot-ibm-blockchain-in-fight-against-child-labor

Rathi, A. (2019, March 5). Andreessen and Gates invest in an AI startup that's looking for ethical cobalt. Quatz. Retrieved from https://qz.com/1565371/andreessen-and-gates-invest-in-an-ai-startup-looking-for-ethical-cobalt/

Meloni, M., Souchet, F., & Sturges, D. (2018). Circular consumer electronics: An initial exploration. Retrieved from Ellen MacArthur Foundation website: https://www.ellenmacarthurfoundation.org/assets/downloads/Circular-Consumer-Electronics-2704.pdf

OECD. (2011). OECD due diligence guidance for responsible supply chains of minerals from conflict-affected and high-risk areas. Paris, France: OECD Publishing.

Sun, Y. (2018, April 25). Daimler joins China's Responsible Cobalt Initiative. Reuters [London]. Retrieved from https://www.reuters.com/article/us-daimler-cobalt/daimler-joins-chinas-responsible-cobalt-initiative-idUSKBN1HW1EQ

SÉCURITÉ ET SÛRETÉ

Dafoe, A., Garfinkel, B., Flynn, D., Lyle, C., Toner, H., Brundage, M., ... Evans, O. (2018). The malicious use of artificial intelligence: Forecasting, prevention, and mitigation. Retrieved from Future of Humanity Institute website: https://maliciousaireport.com/

Slaughterbots. (2017, November 12). Stop autonomous weapons [Video file]. Retrieved from https://www.youtube.com/watch?v=9CO6M2HsoIA

Giles, M. (2018, January 2). The nasty surprises hackers have in store for us in 2018. Technology Review. Retrieved from https://www.technologyreview.com/s/609641/six-cyber-threats-to-really-worry-about-in-2018/

Giles, M. (2018, September 6). For safety's sake, we must slow innovation in internet-connected things. Technology Review. Retrieved from https://www.technologyreview.com/s/611948/for-safetys-sake-we-must-slow-innovation-in-internet-connected-things/

Dowd, M. (2017, April). Elon Musk's billion-dollar crusade to stop the A.I. apocalypse. Vanity Fair. Retrieved from https://www.vanityfair.com/news/2017/03/elon-musk-billion-dollar-crusade-to-stop-ai-space-x

The Centre for the Study of Existential Risk. (n.d.). Risks from artificial intelligence. Retrieved June 8, 2019, from https://www.cser.ac.uk/research/risks-from-artificial-intelligence/

The Centre for the Study of Existential Risk. (n.d.). Global catastrophic biological risks. Retrieved June 8, 2019, from https://www.cser.ac.uk/research/global-catastrophic-biological-risks/

Sample, I. (2018, June 19). Synthetic biology raises risk of new bioweapons, US report warns. The Guardian. Retrieved from http:/https://www.theguardian.com/science/2018/jun/19/urgent-need-to-prepare-for-manmade-virus-attacks-says-us-government-report

The Centre for the Study of Existential Risk. (n.d.). Extreme risks and the global environment. Retrieved June 8, 2019, from https://www.cser.ac.uk/research/extreme-risks-and-global-environment/

Collins, A. (2018). The Global Risks Report 2018, 13th Edition. Retrieved from World Economic Forum website: http://www3.weforum.org/docs/WEF_GRR18_Report.pdf

Global Challenges Foundation. (2018). Annual reports on Global Risks. Retrieved June 8, 2019, from https://globalchallenges.org/our-work/annual-report

CAUSES RACINES

LE MANQUE DE DIVERSITÉ

Dickey, M. R. (2017). Dispatches on diversity: Uber, sexual harassment and venture capital.TechCrunch. Retrieved June 8, 2019, from https://techcrunch.com/2017/09/23/dispatches-on-diversity-uber-sexual-harassment-and-venture-capital/

Burns, A., Baird, R., & Fram, V. (2017, December 5). Village Capital in 2017: Betting big on ideas in blind spots. Medium. Retrieved from https://medium.com/village-capital/2017-betting-big-on-ideas-in-blind-spots-e4e2c9e1aa5f

Leverhulme Centre for the Future of Intelligence. (n.d.). Decolonising AI. Retrieved June 8, 2019, from http://lcfi.ac.uk/projects/ai-narratives-and-justice/decolonising-ai/

Snow, J. (2018, February 14). 'We're in a diversity crisis?: cofounder of Black in AI on what's poisoning algorithms in our lives. Technology Review. Retrieved from https://www.technologyreview.com/s/610192/were-in-a-diversity-crisis-black-in-ais-founder-on-whats-poisoning-the-algorithms-in-our/

Nittle, N. (2018, January 28). Why Amazon's facial analysis technology has sparked yet more outcry. Vox. Retrieved from https://www.vox.com/the-goods/2019/1/28/18201204/amazon-facial-recognition-dark-skinned-women-mit-study

Thomas, R. (2015, July 27). If you think women in tech is just a pipeline problem, you haven't been paying attention. Medium. Retrieved from https://medium.com/tech-diversity-files/if-you-think-women-in-tech-is-just-a-pipeline-problem-you-haven-t-been-paying-attention-cb7a2073b996

Chetty, K., Qigui, L., Gcora, N., Josie, J., Wenwei, L., & Fang, C. (2018). Bridging the digital divide: measuring digital literacy. Economics: The Open-Access, Open-Assessment E-Journal. doi:10.5018/economics-ejournal.ja.2018-23

World Wide Web Foundation. (2015, May 9). Women's rights online: Translating access into empowerment. Retrieved from World Wide Web Foundation website: http://webfoundation.org/docs/2015/10/womens-rights-online21102015.pdf

Weisul, K. (2018, November 14). 14 venture firms that are helping to close the massive gender funding gap. Inc. Retrieved from https://www.inc.com/magazine/201810/kimberly-weisul/female-founders-funding-guide.html

Harris, A. (2018, September 13). Memo to the Silicon Valley boys' club: Arlan Hamilton has no time for your BS. Fast Company. Retrieved from https://www.fastcompany.com/90227793/backstage-capitals-arlan-hamilton-brings-diversity-to-venture-capital

LE SOLUTIONNISME COMME IDÉOLOGIE

Poole, S. (2013, March 20). To Save Everything, Click Here by Evgeny Morozov – review. The Guardian. Retrieved from https://www.fastcompany.com/90227793/backstage-capitals-arlan-hamilton-brings-diversity-to-venture-capital

Simonofski, A., Asensio, E. S., Smedt, J. D., & Snoeck, M. (2017). Citizen Participation in Smart Cities: Evaluation Framework Proposal. 2017 IEEE 19th Conference on Business Informatics (CBI). doi:10.1109/cbi.2017.21

Mulgan, G., & Kumpf, B. (2018, September 27). Flower-recycling, frontier technologies and experimentation: what's on the horizon for development innovation. Medium. Retrieved from https://medium.com/@UNDP/flower-recycling-frontier-technologies-and-experimentation-whats-on-the-horizon-for-development-48966144c812

Mulgan, G., & Kumpf, B. (2018, March 3). We need breakthrough business models, not breakthrough technology. Fast Company. Retrieved from https://www.fastcompany.com/40540343/we-need-breakthrough-business-models-not-breakthrough-technology

Catts, O. (2017, October 11). Weighing up lab-grown steak: the problems with eating meat are not Silicon Valley's to solve. The Conversation. Retrieved from https://theconversation.com/weighing-up-lab-grown-steak-the-problems-with-eating-meat-are-not-silicon-valleys-to-solve-84122

Farm Animal Investment Risk & Return. (n.d.). The livestock levy: Are regulators considering meat taxes?. Retrieved from FAIRR website: https://www.fairr.org/article/report/livestock-levy-regulators-considering-meat-taxes/

LES INCITATIONS ÉCONOMIQUES PERVERSES

Fryer-Biggs, Z. (2018, September 8). The Pentagon plans to spend $2 billion to put more artificial intelligence into its weaponry. The Verge. Retrieved June 8, 2019, from https://www.theverge.com/2018/9/8/17833160/pentagon-darpa-artificial-intelligence-ai-investment

Knight, W. (2018, September 28). Three robot advances that'll be needed for DARPA's new underground challenge. Technology Review. Retrieved from https://www.technologyreview.com/s/612219/darpa-underground-robot/

Neslen, A. (2018, February 14). US military agency invests $100m in genetic extinction technologies. The Guardian. Retrieved from https://www.theguardian.com/science/2017/dec/04/us-military-agency-invests-100m-in-genetic-extinction-technologies

Fryer-Bigg, Z. (2018, December 21). Inside the Pentagon's plan to win over Silicon Valley. WIRED. Retrieved from https://www.wired.com/story/inside-the-pentagons-plan-to-win-over-silicon-valleys-ai-experts/

Blank, S. (2019, March 3). Secret history [Video file]. Retrieved from https://steveblank.com/secret-history/

Colin, N. (2016, May 4). A brief history of the world (of venture capital). Medium. Retrieved from https://salon.thefamily.co/a-brief-history-of-the-world-of-venture-capital-65a8610e7dc3

Griffith, E. (2019, January 11). More start-ups have an unfamiliar message for venture capitalists: Get lost. The New York Times. Retrieved from https://www.nytimes.com/2019/01/11/technology/start-ups-rejecting-venture-capital.html

Jennifer, Mara, Astrid, & Aniyia. (2017, March 8). Zebras Fix What Unicorns Break. Medium. Retrieved from https://medium.com/@sexandstartups/zebrasfix-c467e55f9d96

Arieff, A. (2016, July 9). Solving all the wrong problems. The New York Times. Retrieved from https://www.nytimes.com/2016/07/10/opinion/sunday/solving-all-the-wrong-problems.html

Vance, A. (2011, April 15). This tech bubble is different. Bloomberg. Retrieved from https://www.bloomberg.com/news/articles/2011-04-14/this-tech-bubble-is-different

Janeway, W. H. (2018). Doing capitalism in the innovation economy: Reconfiguring the three-player game between markets, speculators and the state. Cambridge, MA: Cambridge University Press.

Roberts, B. (2019, January 1). v3. Medium. Retrieved from https://medium.com/strong-words/v3-e9542ba9aeeb

Cerf, V. (2018, December 12). Synthetic organisms are about to challenge what 'alive' really means. WIRED. Retrieved from https://www.wired.co.uk/article/artificial-life-vint-cerf

UNE GOUVERNANCE TECHNOLOGIQUE DÉFAILLANTE

Sohn, E. (2018, December 13). Inside the race to build life from scratch. Retrieved June 8, 2019, from https://neo.life/2018/12/inside-the-race-to-build-life-from-scratch/

Castelvecchi, D. (2019). AI pioneer: 'The dangers of abuse are very real'. Nature. doi:10.1038/d41586-019-00505-2

Thompson, N., & Gelstein, F. (2019, April 16). 15 months of fresh hell inside Facebook. WIRED. Retrieved from https://www.wired.com/story/facebook-mark-zuckerberg-15-months-of-fresh-hell/

Johnson, B. (2019, April 6). Hey Google, sorry you lost your ethics council, so we made one for you. Technology Review. Retrieved from https://www.technologyreview.com/s/613281/google-cancels-ateac-ai-ethics-council-what-next/

Cyranoski, D. (2019). The CRISPR-baby scandal: what's next for human gene-editing. Nature, 566(7745), 440-442. doi:10.1038/d41586-019-00673-1

Cyranoski, D. (2019). Germline gene-editing research needs rules. Nature, 567(7747), 145-145. doi:10.1038/d41586-019-00788-5

Lomas, N. (2018, November 27). 'The problem is Facebook,' lawmakers from nine countries tell Zuckerberg's accountability stand-in. TechCrunch. Retrieved from https://techcrunch.com/2018/11/27/the-problem-is-facebook-lawmakers-from-nine-countries-tell-zuckerbergs-accountability-stand-in/

Knight, W. (2018, September 18). China's leaders are softening their stance on AI. Technology Review. Retrieved from https://www.technologyreview.com/s/612141/chinas-leaders-are-calling-for-international-collaboration-on-ai/

Rich, N. (2018, August 1). Losing Earth: The decade we almost stopped climate change. The New York Times. Retrieved from https://www.nytimes.com/interactive/2018/08/01/magazine/climate-change-losing-earth.html

Graff, G. M. (2018, June 26). The new arms race threatening to explode in space. WIRED. Retrieved from https://www.wired.com/story/new-arms-race-threatening-to-explode-in-space/

Vincent, J. (2018, July 18). Elon Musk, DeepMind founders, and others sign pledge to not develop lethal AI weapon systems. The verge. Retrieved from https://www.theverge.com/2018/7/18/17582570/ai-weapons-pledge-elon-musk-deepmind-founders-future-of-life-institute

UN News. (2019, March 28). Autonomous weapons that kill must be banned, insists UN chief. Retrieved from https://news.un.org/en/story/2019/03/1035382

Delcker, J. (2019, February 12). How killer robots overran the UN. POLITICO [Berlin]. Retrieved from https://www.politico.eu/article/killer-robots-overran-united-nations-lethal-autonomous-weapons-systems/

Global Challenges Foundation. (2018). From idea to prototype: The new shape process – Global governance innovation. Retrieved from Global Challenges Foundation website: https://api.globalchallenges.org/static/files/global-challenges-quarterly-risk-report-november-2018.pdf

Global Challenges Foundation. (2018). The new shape process. Retrieved from https://globalchallenges.org/en/our-work/new-shape-process

Hao, K. (2018, October 24). Should a self-driving car kill the baby or the grandma? Depends on where you're from. Technology Review. Retrieved from https://www.technologyreview.com/s/612341/a-global-ethics-study-aims-to-help-ai-solve-the-self-driving-trolley-problem/

Christopherson, E. G., Scheufele, D. A., & Smith, B. (2018, Spring). The civic science imperative. Stanford Social Innovation Review. Retrieved from https://ssir.org/articles/entry/the_civic_science_imperative

LA GESTION D'IMPACT

Impact Management Project. (2018, August 28). Building global consensus on how to measure and manage impact. Retrieved from http://impactmanagementproject.com

So, I., & Staskevicius, A. (2015). Measuring the "impact" in impact investing. Retrieved from Harvard Business School website: https://www.hbs.edu/socialenterprise/Documents/MeasuringImpact.pdf

Puttick, R., & Ludlow, J. (2012). Standards of evidence for impact investing. Retrieved from https://www.nesta.org.uk/report/standards-of-evidence-for-impact-investing/

Tanasescu, M. (2017, June 19). Rivers get human rights: They can sue to protect themselves. Scientific American. Retrieved from https://www.scientificamerican.com/article/rivers-get-human-rights-they-can-sue-to-protect-themselves/?redirect=1

Resource Pannel. (2019, April 19). Global resources outlook. Retrieved from https://www.resourcepanel.org/reports/global-resources-outlook

Acumen. (2017). Energy impact report. Retrieved from https://acumen.org/wp-content/uploads/2018/02/Acumen-Energy-Impact-Report.pdf

Essential readings and research. (2016, January 6). Retrieved June 8, 2019, from https://www.gfi.org/essentials

What is Theory of Change?. (2011, February 27). Retrieved June 8, 2019, from https://www.theoryofchange.org/what-is-theory-of-change

Bullen, P. B. (n.d.). Theory of Change vs Logical Framework – what's the difference?. Retrieved from http://www.tools4dev.org/resources/theory-of-change-vs-logical-framework-whats-the-difference-in-practice/

Theory of Change. (2016, December 1). Retrieved June 8, 2019, from https://diytoolkit.org/tools/theory-of-change/

SweetSense. (2018). Theory of change. Retrieved from http://www.sweetsensors.com/wp-content/uploads/2018/02/SweetSense-TheoryofChange2.8.18.pdf

Introduction to market sizing. (2016, July 27). Retrieved June 8, 2019, from https://www.marsdd.com/collections/introduction-market-sizing/

Impact Management Project. (2018, September 16). What is impact?. Retrieved June 8, 2019, from https://impactmanagementproject.com/impact-management/what-is-impact/

Introduction. (n.d.). Retrieved June 8, 2019, from https://venturewell.org/tools_for_design/introduction/

Consequence Scanning. (n.d.). Retrieved June 8, 2019, from https://doteveryone.org.uk/project/consequence-scanning/

Gugerty, M. K., & Karlan, D. (2018, Summer). Ten reasons not to measure impact—and what to do instead. Stanford Social Innovation Review. Retrieved from https://ssir.org/articles/entry/ten_reasons_not_to_measure_impact_and_what_to_do_instead#

Lean Impact. (2018, August 21). Agile impact measurement (There really can be such a thing!). Retrieved June 7, 2019, from https://leanstartup.co/agile-impact-measurement-there-really-can-be-such-a-thing/

Ellen MacArthur Foundation. (n.d.). Circularity indicators. Retrieved June 7, 2019, from https://www.ellenmacarthurfoundation.org/resources/apply/circularity-indicators

Open Data in Europe and Central Asia. (2017, October 20). How we kicked-off the UN cross-regional Data Innovation Project 'Measuring the Unmeasured'. Retrieved from http://www.odecanet.org/how-we-kicked-off-dip/

Maier, F., Schober, C., Simsa, R., & Millner, R. (2014). SROI as a Method for Evaluation Research: Understanding Merits and Limitations. VOLUNTAS: International Journal of Voluntary and Nonprofit Organizations, 26(5), 1805-1830. doi:10.1007/s11266-014-9490-x

Social Value UK. (2012). Guidance and Standards. Retrieved June 7, 2019, from http://www.socialvalueuk.org/resources/sroi-guide/

Lean Impact. (2018, August 21). Agile impact measurement (There really can be such a thing!). Retrieved June 7, 2019, from https://leanstartup.co/agile-impact-measurement-there-really-can-be-such-a-thing/

Lean Data. (n.d.). Retrieved June 7, 2019, from https://acumen.org/lean-data/

Life Cycle Initiative. (n.d.). Environmental LCA. Retrieved June 7, 2019, from https://www.lifecycleinitiative.org/starting-life-cycle-thinking/life-cycle-approaches/environmental-lca/

Sala, S., Ciuffo, B., & Nijkamp, P. (2015). A systemic framework for sustainability assessment. Ecological Economics, 119, 314-325. doi:10.1016/j.ecolecon.2015.09.015

Net Zero Initiative. (2019). Towards a new framework for corporate carbon neutrality. Retrieved from Carbone 4 website: http://api.netzero-initiative.com/uploads/2019/02/publication-carbone-4-net-zero-initiative-eng.pdf

B Lab. (2019, February 7). B Lab Partners with United Nations Global Compact to Develop Online Platform for SDG-Focused Impact Management. Retrieved from https://bcorporation.net/news/b-lab-partners-united-nations-global-compact-develop-online-platform-sdg-focused-impact

Deng, K., Lewkowitz, M., Ruff, K., & Ryan, A. (2019). Pathways towards data interoperability for the Sustainable Development Goals in Canada. Retrieved from MaRS Discovery District website: https://www.marsdd.com/wp-content/uploads/2019/05/Pathways-Towards-Data-Interoperability-for-the-Sustainable-Development-Goals-in-Canada.pdf

CONCLUSION : 10 ANS POUR AGIR

Bughin, J., Seong, J., Manyika, J., Chui, M., & Joshi, R. (2018). Notes from the AI frontier: Modeling the impact of AI on the world economy. Retrieved from McKinsey Global Institute website: https://www.mckinsey.com/featured-insights/artificial-intelligence/notes-from-the-ai-frontier-modeling-the-impact-of-ai-on-the-world-economy

Moniz, E. J., Yergin D. (2019, February) Advancing The Landscape of Clean Energy Innovation. IHS Markit & Energy Futures Initiative.

Rodrigues G., Csíkszentmihályi C., Ferreira E., Gianolla C., Jardim C., Kasprzak M., Leclerc E., Mukundane J., Mwesigwa D. (2018, May 14). Social Tech Ecosystems in Sub-Saharan Africa. Funchal, Portugal: Madeira Interactive Technologies Institute. http://doi.org/10.5281/zenodo.1244086

Garthwaite, J. (2019, April 22). Climate change has worsened global economic inequality. Stanford News. Retrieved from https://news.stanford.edu/2019/04/22/climate-change-worsened-global-economic-inequality/

Elkington, J. (2019, April 3). On the trail of the Green Swan. Retrieved June 7, 2019, from https://www.greenbiz.com/article/trail-green-swan

Extinction Rebellion. (2019, February 7). Our demands. Retrieved June 7, 2019, from https://rebellion.earth/the-truth/demands/

Gustetic, J. L., Crusan, J., Rader, S., & Ortega, S. (2015). Outcome-driven open innovation at NASA. Space Policy, 34, 11-17. doi:10.1016/j.spacepol.2015.06.002

Ries, E. (2017). The Startup Way: How Modern Companies Use Entrepreneurial Management to Transform Culture and Drive Long-Term Growth. New York, NY: Currency.

European Commission. (2018, May 10). Bold science to meet big challenges: independent report calls for mission-oriented EU research and innovation. Retrieved June 7, 2019, from https://ec.europa.eu/info/news/bold-science-meet-big-challenges-independent-report-calls-mission-oriented-eu-research-and-innovation-2018-feb-22_en

GOOD TECH LAB

http://goodtechlab.io
hello@goodtechlab.io