

Innovation et durabilité

Par le Capitaine Yannick BOUTY, à CentraleSupélec,
en formation Mastère « Management de projet et ingénierie systèmes »

Partant du constat que notre planète est un bien commun en péril, l'ONU a défini dix-sept objectifs de développement durable pour parvenir à un avenir meilleur. Les innovations technologiques, quand elles sont mises au service de ces objectifs, sont un réel levier mais elles se confrontent à des problématiques éthiques, organisationnelles, temporelles et économiques. On peut donc se demander si elles sont la solution pour répondre à l'urgence d'un développement plus durable.

L'humanité est en constante évolution. Année après année, elle mute pour son avenir et sa survie, mais il lui faut répondre dorénavant et d'urgence au respect de l'environnement.

Pour répondre à cette mutation trois domaines d'actions -sont envisageables. Le premier s'appuierait sur la science, le deuxième sur le comportement et enfin le troisième sur l'anthropologie.

- **Domaine d'action scientifique**

Depuis toujours l'homme fait de la recherche et du développement. La science qui pourrait résoudre notre durabilité est le plus familier des choix. Elle pourrait réparer les méfaits passés, trouver des solutions pour améliorer l'état du monde et assurer les transformations nécessaires du vivant.

- **Réparer les dommages**

La science peut réparer ce que nous avons abîmé depuis des décennies de développement industriel.

Par exemple, la start-up suisse « Climeworks »¹ propose de décarboner l'atmosphère avec la mise au point des capteurs géants permettant de filtrer l'air ambiant et de piéger le dioxyde de carbone. Celui-ci peut ensuite alimenter divers usages comme accroître la productivité de plantes sous serre ou encore produire du gaz naturel s'il est combiné à de l'hydrogène.

Une autre initiative de compensation de notre impact sur l'environnement est le projet « Magnetic Liquid »² en Irlande. Inventé par un jeune irlandais de 18 ans, Fionn Ferreira, et basé sur le principe des liquides magnétiques appelés ferrofluides découvert par la NASA, son objectif consiste à éliminer les microplastiques des eaux polluées. Après 87% d'essais concluants, le passage à l'échelle industrielle du traitement de nos eaux usées est la prochaine étape de ce projet innovant.

Enfin, de l'air à l'eau et même jusqu'à l'espace, la science sait réparer les dégâts que nous causons. En effet, les satellites en fin de vie et les débris de fusées orbitant autour de la Terre sont de plus en plus nombreux. C'est à ce problème qu'a décidé de s'attaquer la start-up japonaise « Astroscale »³ en lançant des satellites « nettoyeurs ».

- **Trouver des solutions**

La science peut trouver des solutions à nos processus peu durables.

Dans le domaine de l'agroalimentaire, c'est ce que propose « Aleph Farms »⁴, une start-up israélienne, qui fabrique de la viande in vitro à partir de cellules souches de vaches. Leur objectif est de créer une viande de synthèse, sans élevage (très polluant) et sans abattage pour assurer une sécurité alimentaire aux générations futures tout en préservant nos ressources naturelles.

Une solution moins gourmande en énergie et en matériaux est également proposée par « Catalog DNA »⁵. Nous n'avons jamais produit autant de données et, en 2025, nous estimons que l'humanité en aura généré 160 zettaoctets, soit plus qu'il n'y a d'étoiles dans l'univers observable. Nos modes de stockage actuels risquent bien de s'avérer obsolètes face à une telle demande. Pour y remédier, cette

¹ <https://www.climeworks.com/>

² <https://www.weforum.org/agenda/2020/01/ocean-plastic-pollution-magnetic-liquid-irish-scientist/>

³ <https://astroscale.com/>

⁴ <https://aleph-farms.com/>

⁵ <https://www.catalogdna.com/>

start-up américaine s'est inspirée du système de stockage génétique du corps humain pour créer un DNA DATA WRITER qui enregistre des données sur des brins d'ADN synthétiques au rythme de 4Mo par seconde. Ils ont ainsi réussi à stocker l'intégralité de la version anglaise de « Wikipédia » dans une goutte d'ADN en 12 heures.

Enfin, dans le domaine de la chimie où 99% des colorants proviennent de la pétrochimie par des procédés énergivores et hautement polluants, le projet français « Pili »⁶ a trouvé une alternative écologique pour fabriquer des colorants et des pigments à partir de bactéries. Il s'appuie pour cela sur un procédé connu depuis plusieurs dizaines d'années, la synthèse enzymatique, qui consiste à faire fabriquer des molécules par des bactéries et levures. Le procédé est déjà utilisé dans plusieurs autres domaines comme la fabrication de biomédicaments ou de biocarburants, mais « Pili » l'applique à l'industrie textile qui est l'une des plus polluantes au monde.

▪ **Transformer le vivant**

La science peut transformer le vivant afin qu'il soit plus résilient à son environnement de plus en plus dégradé.

C'est ce que propose le MIT Media Lab avec son projet « Elowan »⁷. Il s'agit d'une plante-robot qui a la capacité de se déplacer toute seule vers la meilleure lumière pour assurer sa croissance. Elle est équipée de capteurs et d'un cerveau électronique qui analyse les signaux électrochimiques que la plante produit naturellement en réponse aux changements d'environnements et à son exposition à la lumière. Un système de locomotion sur roulettes lui garantit son indépendance et son automatisation. Cette augmentation du végétal est un pas vers une nature cybernétique et pourrait ainsi servir à optimiser la nutrition et les mécanismes de défense d'une plante devenue autonome.

L'augmentation des capacités de l'Homme est depuis très longtemps l'objet de nombreuses recherches notamment dans le domaine de la cybernétique. Une autre voie a été prise par une équipe de chercheurs sino-hispano-américaine avec le projet « Human monkey chimera »⁸ qui a créé en laboratoire un embryon formé de cellules humaines et de cellules de singe. L'objectif officiel de cette expérience est de produire des organes transplantables chez l'Homme afin de pallier le manque de donneurs et le risque de rejet. Bien évidemment, les possibilités de cette approche peuvent être toutes autres avec, par exemple, la greffe d'un poumon plus performant et/ou plus résistant à la pollution.

Enfin, un autre domaine scientifique cherche à nous rendre plus résistants à notre environnement dégradé : la recherche pharmaceutique. En effet, une équipe de chercheurs australiens a conçu un nouveau vaccin contre la grippe à l'aide d'une intelligence artificielle (« AI flu vaccine »⁹). Cet algorithme baptisé « SAM » a non seulement permis de réduire drastiquement le temps de recherche préclinique en passant de 5 à 2 ans le développement de ce nouveau vaccin, mais il a surtout augmenté l'efficacité de ce dernier afin d'atteindre 80 à 90% contre 20 à 50% actuellement.

Dans le même domaine, la pandémie due au coronavirus a médiatisé la technologie des vaccins à ARN messager (ARNm). Elle consiste, contrairement à la démarche classique, à faire produire des anticorps directement par les cellules de l'individu vacciné en lui injectant des codes ADN ou ARN modifiés du virus.

Cette technologie, prometteuse permettrait pense-t-on de soigner d'autres pathologies.

• **Domaine d'action comportemental**

Ce deuxième domaine d'action viserait à influencer nos comportements pour les rendre plus vertueux. Les outils numériques, données et intelligence artificielle en tête, seraient au service d'une

⁶ <https://www.pili.bio/>

⁷ <https://www.media.mit.edu/projects/elowan-a-plant-robot-hybrid/overview/>

⁸ <https://www.the-scientist.com/news-opinion/first-humanmonkey-chimeras-developed-in-china--66231>

⁹ <https://www.sciencealert.com/the-world-s-first-ai-developed-vaccine-could-prevent-another-horror-flu-season>

mutation de nos habitudes, de nos organisations individuelles et collectives, de nos modes de production, de distribution et de consommation, pour les rendre plus durables.

- ***Efficacité et durabilité***

Grâce au numérique l'adage « mieux vaut prévenir que guérir » prend tout son sens.

En Chine, pour endiguer les épidémies, 2.000 écoles maternelles expérimentent l'utilisation du robot « Walklake »¹⁰. Avec son apparence enfantine rassurante, ce dernier utilise une panoplie de caméras et de capteurs pour scanner le visage et les mains de chaque écolier afin de déceler, en trois secondes seulement, des signes de maladie (varicelle par exemple). S'il détecte des symptômes, le robot alerte le personnel médical de l'établissement pour qu'il examine l'enfant et décide de la suite à donner à ce premier examen (retour à la maison ou suivi des enseignements).

Au Maroc, la start-up « ATLAN Space »¹¹ utilise l'intelligence artificielle et un réseau de drones pour surveiller et protéger les écosystèmes marins. Guidés par un algorithme de « deep learning », les aéronefs permettent de détecter, identifier, classer et suivre des animaux appartenant à des espèces protégées. Ils peuvent également scruter des grandes zones marines à la recherche de menaces pour l'environnement que ce soient des bateaux de pêche illégale ou des déversements de substances toxiques pour en évaluer les dommages et prévenir les équipes d'intervention adaptée.

Enfin, avec la demande croissante en eau douce, conjuguée à la pollution et aux changements climatiques, le risque de pénuries de cette ressource vitale et donc de conflits liés à celle-ci augmente au fil des années. Nos moyens de subsistance et nos économies sont devenus extrêmement vulnérables au stress hydrique. C'est pourquoi le projet « Water, Peace and Security (WPS) »¹² aux Pays-Bas élabore de nouveaux outils et services pour accompagner les acteurs publics et privés concernés dans une meilleure gestion de l'eau comme ressource menacée. Ils ont notamment mis en place un outil en ligne de surveillance mondiale dont les modèles de prédiction sont basés sur des jeux de données mondiaux, des informations locales et des images satellites. L'objectif est de monitorer la vulnérabilité des pays et des régions face à la montée des conflits autour de l'eau et de servir de lanceur d'alerte.

- ***Optimisation individuelle***

Au-delà des innovations précédentes qui entendent décrypter et optimiser nos comportements et nos processus à un niveau collectif, ce deuxième domaine d'action mise sur l'optimisation à un niveau individuel. La méthode est celle d'une influence douce et incitative vers de meilleurs comportements. Le numérique est alors l'outil au service d'une pédagogie personnalisée.

Quelle marque paye ses impôts en France ? Quelle entreprise rémunère correctement ses salariés ? Laquelle respecte l'environnement ? La plate-forme en ligne française « MoralScore »¹³ permet à chaque consommateur de définir sa propre morale, c'est-à-dire les valeurs qui lui tiennent le plus à cœur et de découvrir les entreprises qui respectent le mieux ses critères. Secteur par secteur, l'algorithme de l'application passe les entreprises au crible et pondère les résultats en fonction de nos propres valeurs, opinions et priorités. Chaque marque obtient ainsi un score personnalisé qui vous permet de connaître, en un coup d'œil, les entreprises qui correspondent le mieux à votre morale.

« DNA Nudge »¹⁴ est une start-up anglaise qui entend aider les gens à faire de meilleurs choix d'achat alimentaires en fonction de leur ADN et de leur métabolisme. L'analyse génétique, qui prend environ une heure, recherche par exemple les gènes associés à la métabolisation de la caféine et une prédisposition à l'hypertension, au cholestérol élevé et au diabète de type 2. Grâce à une application et un bracelet connecté, le client peut scanner les produits et être guidé vers des choix personnalisés en fonction de son patrimoine génétique. Le bracelet surveille aussi l'activité physique de son porteur.

¹⁰ <http://www.walklake.com/english/index.html>

¹¹ <https://news.un.org/fr/audio/2019/11/1056651>

¹² <https://waterpeacesecurity.org/>

¹³ <https://moralscore.org/>

¹⁴ <https://www.dnanudge.com/index.php>

Enfin, si vous croyez que votre patrimoine génétique est gravé dans le marbre, vous vous trompez ! En réalité, notre alimentation, notre stress, notre hygiène de vie et notre environnement de manière générale influencent la manière dont nos gènes vont s'exprimer ou non. C'est ce qu'on appelle l'épigénétique et c'est à ce sujet que la start-up anglaise « Chronomics »¹⁵ s'attaque. Grâce à un kit de test salivaire, chacun peut avoir accès à ses données épigénétiques qui lui révéleront son âge biologique. Ils encouragent ensuite leurs utilisateurs à modifier leurs habitudes pour réduire les risques de maladies éventuellement identifiés.

- **Sensibilisation coercitive**

Les incitations décrites précédemment sont douces, relevant de l'ordre de la sensibilisation ou du coaching sympathique. Demain, devant l'urgence grandissante et la nécessité d'un changement radical, ces « coachs » que nous aurions accueillis avec enthousiasme lorsqu'ils étaient seulement incitatifs, pourraient devenir plus autoritaires passant du volontarisme à la coercition.

Ainsi, la start-up suédoise « Doconomy »¹⁶ s'est associée à Mastercard pour lancer une application bancaire « Do » alliée à une carte de paiement qui permet à ses utilisateurs de mesurer l'impact carbone de leurs dépenses. Le calcul d'impact carbone de chaque achat s'appuie sur l'indice « Aland », créé par un des actionnaires de la start-up. Celle-ci a calculé le CO₂ émis pour chaque euro dépensé dans chaque grand poste de dépense en fonction des émissions moyennes de chaque secteur d'activité. La carte « Do Black » va même plus loin car elle permet de fixer un plafond qui bloque les dépenses une fois un seuil d'émissions carbone dépassé. Les utilisateurs peuvent alors compenser leur impact environnemental en faisant des dons à des projets certifiés par l'ONU ou des fonds engagés dans le développement durable. L'application « Almond »¹⁷ créée au Royaume-Uni permet aux consommateurs de réduire leur empreinte carbone en favorisant des marques responsables. L'idée ? Aider les gens à prendre la mesure de leur impact environnemental de leurs habitudes et les obliger à de meilleurs achats au travers d'un marché localisé où sont présents des produits de marques partenaires écoresponsables. Les utilisateurs gagnent ainsi des bons cumulatifs qui leur permettent de compenser leur empreinte carbone par le financement de plans de reforestation et de préservations des forêts tropicales.

Enfin, autre application, au Chili, fondée par le triathlète Eduardo della Maggiora, « Burn to give »¹⁸ convertit les calories brûlées en faisant de l'exercice en repas pour des enfants souffrant de malnutrition ou en dons pour d'autres causes. Il entend ainsi lutter contre deux problèmes de santé majeurs à travers la planète : l'obésité d'un côté et la famine de l'autre.

- **Domaine d'action anthropologique**

Ce domaine d'action prendrait un tout autre chemin que les deux précédents. Il serait plus répandu dans la population et les territoires. Il ne serait ni centralisé ni décidé « d'en haut » mais mobiliserait l'individu à son échelle spatio-temporelle.

Les contextes étant différents suivant les zones géographiques considérées (climat, culture, modèles, objectifs, etc.), les solutions devraient forcément être différentes. Plutôt que de transférer les données générées par des appareils connectés vers le « cloud », il s'agit de les traiter au plus près du besoin. Ce domaine d'action fait confiance à « l'Humain », un levier local pour répondre à des objectifs globaux nommé « GLOCAL ».

- **Localisation au plus bas niveau**

Il faut penser local et même micro-local, en bâtissant des archipels d'initiatives partageant le même objectif de développement durable.

¹⁵ <https://www.chronomics.com/epigenetic-testing>

¹⁶ <https://doconomy.com/>

¹⁷ <https://almond.org/>

¹⁸ <https://betterfly.cl/>

En Australie, le Professeur Veena Sahajwalla et son équipe de l' « University of New South Wales » ont imaginé un système de micro-usines nommées « Smart e-waste micro-factory »¹⁹ destinées à recycler les déchets technologiques de manière ultra locale. Ces modules de 50m² peuvent fonctionner dans des espaces très réduits et donc être situés au plus près du lieu de stockage des déchets. L'intérêt de cette innovation est de proposer un recyclage localisé au point de production. Passons enfin du pollueur/payeur au pollueur/recycleur ! Mais au-delà de la question dramatique du recyclage, cette innovation ouvre le débat sur l'industrie en essaim. Alors que depuis un siècle les unités de production ou de distribution n'ont cessé de grossir dans un souci d'efficacité tayloriste, ce module propose de disperser sur tous les territoires des unités de production plus petites qui créeront activités économiques, emplois et diminueront le transport inutile des déchets.

Un des plus grands projets d'échange d'électricité en « peer-to-peer » au monde se déploie actuellement dans un quartier de Bangkok en Thaïlande. À l'initiative de la start-up solaire « Power Ledger »²⁰, cette plate-forme basée sur la « blockchain » permet aux habitants d'acheter et de vendre de l'énergie solaire via le réseau électrique de la ville. Alors que les panneaux solaires deviennent de plus en plus accessibles, ce quartier démontre la capacité d'une communauté à satisfaire ses propres besoins en énergie en produisant 635kW d'électricité verte.

Enfin, au Pays-Bas, la start-up « Land Life Company »²¹ a mis au point un service de reforestation efficace et durable de milliers d'hectares à l'aide d'une série d'outils technologiques et surtout en s'appuyant sur les communautés locales.

▪ **Ne pas jeter, transformer**

Le modèle d'économie linéaire qui consiste à extraire, fabriquer, consommer et jeter est fini. Il faudrait créer des archipels où les initiatives circulaires rivaliseraient d'ingéniosité pour confirmer le proverbe « rien ne se perd, tout se transforme ».

Au Mexique par exemple, la start-up « Xilinat »²² transforme les déchets agricoles de maïs en xylitol, un édulcorant naturel au goût comparable au sucre et meilleur pour la santé humaine car faible en calories. Il a également un faible index glycémique et peut donc être consommé par les personnes diabétiques. L'utilisation des déchets agricoles permet de proposer aux agriculteurs une alternative plus écoresponsable aux pratiques actuelles d'incinération qui comptent pour 40% du CO₂ émis au Mexique ! Cerise sur le gâteau, les agriculteurs sont payés équitablement sur ce produit ce qui leur permet de compléter leurs revenus souvent modestes.

En Afrique du Sud, des étudiants de l'université du Cap ont développé un moyen de convertir l'urine humaine en matériau de construction plus durable et moins nuisible pour l'environnement. Ils se sont servis d'un processus naturel appelé précipitation microbienne de carbonate pour créer ces bio-briques (« Bio-bricks from urine »²³). Ce procédé, semblable à la façon dont les coquillages se forment, permet aux briques de se solidifier à la température ambiante, représentant ainsi un gain écologique significatif puisque les briques ordinaires doivent être cuites dans un four, ce qui consomme beaucoup d'énergie et provoque d'importantes émissions de gaz à effet de serre.

Enfin, en Nouvelle-Zélande, « Mint innovation »²⁴ a mis au point une solution brevetée qui utilise des micro-organismes pour extraire les métaux précieux des déchets électroniques, comme l'or, le cuivre ou le palladium, pour pouvoir ensuite les réutiliser. Une solution de traitement des déchets low-cost et circulaire qui peut fonctionner de manière locale à la manière d'une micro-brasserie !

¹⁹ <https://newsroom.unsw.edu.au/news/science-tech/world-first-e-waste-microfactory-launched-unsw>

²⁰ <https://www.powerledger.io/announcement/power-ledger-to-accelerate-thailand-renewables-with-partnership-for-digital-energy-trading/>

²¹ <https://landlifecompany.com/>

²² <https://xilinat.com/>

²³ https://www.lemonde.fr/afrique/article/2018/11/15/l-urine-nouveau-materiau-de-construction-durable-en-afrique-du-sud_5383959_3212.html

²⁴ <https://www.mint.bio/>

▪ **L'équité**

Plutôt que l'inclusion normative des scénarii précédents, un archipel de diversité et d'inclusivité tire profit des particularités locales autour d'un même objectif commun : l'équité.

C'est l'ambition du projet « Earth Bank of Codes »²⁵ lancé par le forum de Davos et l'entrepreneur péruvien Juan Carlos Castilla-Rubio qui vise à rendre les actifs biologiques et biomimétiques de la nature accessibles aux scientifiques et aux innovateurs du monde entier, tout en s'assurant du partage juste et équitable des avantages commerciaux notamment auprès des populations autochtones colocalisées. Les richesses amazoniennes, comme l'hévéa ou le venin du serpent jararaca par exemple, ont fait la fortune d'industriels par le passé et l'idée est de permettre aux communautés locales de tirer profit de telles percées scientifiques et exploitations industrielles à l'avenir via une « blockchain » qui assurerait la traçabilité et cette redistribution équitable des bénéfices.

Autre sujet d'ouverture et d'équité, les personnes africaines noires sont désavantagées lorsqu'il s'agit des traitements médicamenteux parce qu'elles ne représentent que 2% des échantillons génétiques utilisés pour la recherche pharmaceutique. La start-up « 54gene »²⁶ entend remédier à cela en construisant la plus grande banque génomique africaine afin de déverrouiller le génome africain et améliorer la compréhension de la population la plus diversifiée du monde sur le plan génétique.

Enfin, toujours en Afrique, deux chercheuses sud-africaines ont lancé le projet « Masakhane »²⁷ qui vise à appliquer la traduction automatique neuronale aux plus de 2.000 langues africaines qui entravent fortement le dialogue intracontinental mais aussi avec le reste du monde. Mené avec des chercheurs en intelligence artificielle et des experts en données dans toute l'Afrique, ce projet rassemble des centaines de contributeurs qui participent à la collecte des jeux de données dans leur langue maternelle respective et à l'entraînement des modèles mathématiques mis en œuvre. L'objectif est de permettre à davantage de voix africaines de participer à la conversation mondiale dans tous les domaines et de répondre ainsi à terme aux défis du continent africain.

• **Conclusion et ouvertures**

Le premier domaine d'action fait confiance à l'ingéniosité humaine pour innover technologiquement en s'appuyant sur la science et la recherche afin de surmonter les problèmes environnementaux qui se posent jusqu'à modifier les paramètres du vivant. Ce domaine d'action -ne changerait pas notre modèle de société, il essaierait de l'améliorer. Cependant, le temps de la recherche et du développement est souvent très long : pouvons-nous attendre ? De plus, ces innovations sont très coûteuses et limitées à certains territoires et donc à certaines populations : qui payerait ? Devrions-nous inclure tout le monde ? Enfin, la question de la gouvernance se poserait également du fait que ce scénario est descendant : qui déciderait de la direction à prendre ?

Le deuxième domaine d'action s'appuie sur l'écosystème de coaching numérique de plus en plus présent dans notre quotidien, personnel comme professionnel, pour déployer une solution de reprogrammation comportementale. Les outils sont déjà là, ils sont même massivement acceptés et utilisés, l'inclusion est déjà réussie, le coût déjà réparti. Cependant, là encore, le temps manque. En effet changer le comportement de la population mondiale serait colossal et sans fin (éternel recommencement à chaque génération naissante). La gouvernance serait également très confuse : qui devrions-nous écouter ? Les politiques ? Les entreprises ? Les influenceurs ? Enfin, des questions éthiques évidentes se poseraient notamment sur la diminution de nos libertés fondamentales d'actions et de choix. Sommes-nous prêts ?

Enfin, le troisième domaine d'action-, résolument disruptif, prend un tout autre chemin qui réactiverait les mythes fondateurs du numérique et d'Internet. Il remettrait le pouvoir aux mains du

²⁵ <https://www.earthbankofcodes.org/>

²⁶ <https://54gene.com/>

²⁷ <https://www.masakhane.io/>

collectif pour inventer un futur durable et équitable. La gouvernance deviendrait décentralisée, l'inclusion serait immédiate, les choix très engageants, le coût serait réparti et le temps de mise en œuvre possiblement très court.

Alors, science, influence, force du collectif ou action simultanée dans les trois domaines : quelle stratégie allons-nous suivre pour le futur?