

**ÉTUDE STRATÉGIQUE DE TROISIÈME  
RÉVOLUTION INDUSTRIELLE POUR  
LE GRAND-DUCHÉ DE LUXEMBOURG  
RÉSUMÉ THÉMATIQUE**



# INTRODUCTION

*Le résumé qui suit est le bref aperçu de quelques-uns des thèmes et propositions de l'étude stratégique de Troisième Révolution Industrielle pour le Grand-Duché de Luxembourg, et a été élaboré, en grande partie, par les groupes de travail luxembourgeois. Le résumé thématique met en exergue certaines parties descriptives ainsi que les idées clés, les analyses et les initiatives de l'étude stratégique intégrale de la Troisième Révolution Industrielle.*

*Cela étant, il n'a pas vocation à être un résumé analytique mais correspond plutôt à une série d'aperçus qui fournissent un échantillon des résultats de 10 mois de collaboration étroite entre les groupes de travail du Grand-Duché de Luxembourg et les consultants du TIR Consulting Group LLC.*

*Le rapport intégral est une approche profondément structurée, interdisciplinaire et systémique visant à amener le Luxembourg à une économie et une société intelligentes de Troisième Révolution Industrielle d'ici 2050. L'étude stratégique de Troisième Révolution Industrielle inclut des analyses historiques, des élaborations de scénarios, des projections statistiques ainsi que des modélisations économiques, ayant pour but de présenter un document cadre et un manuel à court terme, moyen terme et long terme pour lancer le Grand-Duché de Luxembourg dans l'étape suivante du processus.*

*Bien que nous invitons chacun à lire le résumé thématique, il ne doit pas se substituer à une lecture plus approfondie de l'étude stratégique intégrale de la Troisième Révolution Industrielle. Le rapport a été élaboré avec l'idée qu'il sera lu et discuté de façon rigoureuse et suivi d'effets.*

## REMERCIEMENTS

Nous adressons nos plus sincères remerciements à Jeremy Rifkin et aux membres des groupes de travail. Cette publication n'aurait pas vu le jour sans leur précieuse contribution.

Pierre Ahlborn, Serge Allegrezza, Frits Bliëk, Nicolas Buck, John Byrne, Michael Casey, Elisabetta Cherchi, Daniel Christensen, Giovanni Corazza, Tom Eischen, Kathleen Gaffney, Rob van Gerwen, Mario Grotz, Luca Guala, Tom Haas, Hans de Heer, Max Jentgen, Philipp Krüger, John A. "Skip" Laitner, Claude Lenglet, Pitt Mathieu, Jérôme Merker, Charles Margue, Zachary Navarro, Marie Sauvignon, Jeannot Schroeder, Francesco Sechi, Claude Seywert, Nico Steinmetz, Claude Strasser, Gerhard Stryi-Hipp, Job Taminiau, Vanessa Tarantini, Pierre Thielen, Nancy Thomas, Olivier Thunus, Michael Totten, Henk Van Tuyl, Frits Verheij, Marcel Volkerts, Marc Wagener, Michael Waidner, Carole Wammer, Eicke Weber, Christiane Wickler, Robert Wilhite, Rik Willard

---

**Design**  
h2a

**Impression**  
Imprimerie Centrale Luxembourg



# SOMMAIRE

06	PRÉFACE
08	TROISIÈME RÉVOLUTION INDUSTRIELLE : LE CHANGEMENT DE PARADIGME VERS UN LUXEMBOURG DURABLE ET INTELLIGENT
13	L'APPROCHE NATIONALE DU LUXEMBOURG DE LA TROISIÈME RÉVOLUTION INDUSTRIELLE (TIR)
16	EXPLORATION DES BÉNÉFICES ÉCONOMIQUES POTENTIELS DU SCÉNARIO D'INNOVATION DE LA TROISIÈME RÉVOLUTION INDUSTRIELLE

---

## RAPPORTS DES RÉSUMÉS THÉMATIQUES

27	ÉNERGIE
41	MOBILITÉ
55	CONSTRUCTION
67	ALIMENTATION
79	INDUSTRIE
91	FINANCE
103	SMART ECONOMY
113	ÉCONOMIE CIRCULAIRE
123	PROSOMMATEURS ET MODÈLE SOCIAL

# PRÉFACE, JEREMY RIFKIN PRÉSIDENT, TIR CONSULTING GROUP LLC

*Le Grand-Duché de Luxembourg et le TIR Consulting Group LLC se sont engagés dans une coopération intense au cours des douze derniers mois avec pour objectif de transformer le pays afin qu'il devienne le premier État de l'ère intelligente et écologique de la Troisième Révolution Industrielle. Le projet, d'une durée d'un an, a culminé en une étude stratégique approfondie de la Troisième Révolution Industrielle afin d'accompagner le Grand-Duché de Luxembourg dans la prochaine étape de son voyage.*

*Le processus engagé marque un nouveau jalon dans la gouvernance du développement économique et social. Plus de 300 acteurs socio-économiques du gouvernement, du monde des affaires, du milieu universitaire et de la société civile ont participé activement à la préparation et au déroulement de l'étude stratégique finale ainsi qu'à l'élaboration des propositions qui l'accompagnent. Le gouvernement du Grand-Duché de Luxembourg a acquis un nouveau rôle en tant que facilitateur du processus, remplaçant ainsi la gouvernance traditionnelle descendante par une approche de pair à pair, engageant ainsi un bon nombre des représentants de la communauté nationale pour planifier conjointement l'étude stratégique de Troisième Révolution Industrielle. L'étude stratégique finale de la Troisième Révolution Industrielle pour le Grand-Duché de Luxembourg comprend la contribution combinée des 300 acteurs socio-économiques nationaux et de l'équipe d'experts du TIR Consulting Group LLC.*

*L'étude stratégique de Troisième Révolution Industrielle innove encore en adoptant une approche pluridisciplinaire pour élaborer le projet de développement du Grand-Duché de Luxembourg, combinant les récits sociaux, culturels et environnementaux, la théorie économique et les pratiques commerciales, afin de reconcevoir le développement économique au sein d'un cadre plus large de « qualité de vie ». Alors que l'étape de lancement initial de la Troisième Révolution Industrielle se focalisait presque exclusivement sur de nouvelles technologies, produits et services – le modèle « Silicon Valley » –, le Grand-Duché de Luxembourg a introduit la prochaine étape d'engagement en se concentrant aussi sur la question de savoir comment l'infrastructure de la Troisième Révolution Industrielle génère une inter-connectivité mondiale émergente, accompagnée d'une gérance planétaire des écosystèmes de la Terre – le modèle « Biosphere Valley ». Dans l'ère biosphérique, le Luxembourg et toutes les autres juridictions politiques*

*deviennent responsables des 19 kilomètres de biosphère qui s'étendent de la stratosphère à la mer, composant la force vitale de la planète et constituant la communauté indivisible à laquelle nous sommes tous redevables et dont le bien-être définit notre propre qualité de vie. La protection de la biosphère devient la mission essentielle de chaque région et localité pour réduire l'empreinte écologique et faire face au changement climatique à l'ère à venir.*

*Le récit de la Troisième Révolution Industrielle proposé dans cette étude stratégique présente une approche sophistiquée et nuancée du développement économique fondé sur l'établissement d'écosystèmes numériques qui reflètent les dynamiques des écosystèmes naturels afin d'établir une relation symbiotique sans faille entre les flots circulaires de la nature et les activités économiques de la société luxembourgeoise. Dans cette optique, l'étude stratégique détaille de façon continue les caractéristiques critiques de l'écosystème qui incluent l'auto-organisation, le mutualisme, la coévolution, la diversité, l'émergence, la résilience, et l'adaptation pour former les nouveaux écosystèmes numériques du Luxembourg ainsi que les pratiques commerciales et le régime réglementaire correspondants.*

*Le Luxembourg a maintenant développé la vision, le scénario et le plan de jeu pour entamer une société numérique intelligente et durable, ouvrant la voie au déploiement d'une transition vers la Troisième Révolution Industrielle.*

*La publication et le déploiement de l'étude stratégique de Troisième Révolution Industrielle positionne le Grand-Duché de Luxembourg en tant que nation phare dans la construction et le développement d'une société numérique intelligente. En tant que pôle financier majeur en Europe, le Luxembourg peut jouer un rôle important pour fédérer les ressources financières et préparer le cadre réglementaire de l'UE pour la mise en place d'une infrastructure de Troisième Révolution Industrielle dans l'ensemble des 28 États membres et des régions partenaires attenantes. Il pourra ainsi faire progresser l'idée européenne d'une infrastructure numérique sans frontières et d'un marché unique intégré.*

## LA TROISIÈME RÉVOLUTION INDUSTRIELLE : LE CHANGEMENT DE PARADIGME VERS UN LUXEMBOURG DURABLE ET INTELLIGENT

L'économie mondiale ralentit, la productivité diminue dans de nombreuses régions et le chômage demeure obstinément élevé dans la plupart des pays. Les économistes prévoient une productivité faible et une croissance lente persistantes. Et maintenant, après deux révolutions industrielles aux XIX<sup>e</sup> et XX<sup>e</sup> siècles, la stagnation économique est exacerbée par l'accélération rapide du changement climatique provoqué par l'augmentation des émissions de gaz à effet de serre et par l'augmentation parallèle de la température de la Terre pendant la Première et la Deuxième Révolution Industrielle. Le plus inquiétant dans ces pics spectaculaires de température est que le réchauffement climatique transforme radicalement le cycle hydrologique de la planète. Les divers écosystèmes de la Terre ont, au cours du temps géologique, évolué en relation directe avec le régime des précipitations. Chaque augmentation de 1°C de la température a pour conséquence une croissance de 7% de la capacité de retenue de l'humidité de l'atmosphère. Ceci génère un changement radical dans la façon dont l'eau est distribuée, certes avec des précipitations plus intenses mais avec une réduction de leur durée et fréquence. Les conséquences se font déjà sentir dans les écosystèmes du monde entier. Nous rencontrons des hivers où les neiges sont plus cinglantes, des tempêtes et inondations plus violentes, des sécheresses estivales prolongées, des feux de forêts plus nombreux, des ouragans plus intenses (de catégorie 3, 4 et 5), une fonte de la calotte glaciaire sur les grandes chaînes de montagnes et une hausse du niveau de la mer.

Les écosystèmes de la Terre ne peuvent pas se réadapter à un changement perturbateur dans le cycle de l'eau en un temps aussi court: ils sont de plus en plus sous pression, certains sont au bord de l'effondrement. La déstabilisation des dynamiques des écosystèmes partout dans le monde a maintenant fait basculer la biosphère dans la sixième extinction de masse en 450 millions d'années de vie sur Terre.

Mais aujourd'hui apparaît un nouveau paradigme économique qui va modifier radicalement la façon dont nous organisons la vie économique sur la planète et qui réduira considérablement les émissions qui sont à l'origine du réchauffement planétaire pour contrer le changement climatique. L'Union européenne s'engage dans une nouvelle voie audacieuse pour créer une économie des technologies de pointe du XXI<sup>e</sup> siècle, durable, intelligente et numérique, faisant potentiellement de l'Europe l'espace commercial le plus productif au monde et la société la plus écologiquement durable sur Terre. Le projet s'appelle Smart Europe. La vision de l'UE d'une économie numérique durable est la pierre angulaire de la Troisième Révolution Industrielle émergente.

Pour bien saisir l'énormité du changement économique en cours nous devons comprendre les forces technologiques qui ont donné naissance à de nouveaux systèmes économiques tout au cours de l'histoire. Chaque grand paradigme économique nécessite trois éléments, chacun interagissant avec l'autre afin de permettre au système d'opérer en tant qu'ensemble: les nouvelles

technologies de communication pour gérer plus efficacement l'activité économique; les nouvelles sources d'énergie pour alimenter plus efficacement l'activité économique et les nouveaux modes de transport pour faire circuler plus efficacement l'activité économique.

Au XIX<sup>e</sup> siècle, la presse à vapeur et le télégraphe, le charbon abondant et les locomotives utilisant les systèmes ferroviaires nationaux ont donné lieu à la Première Révolution Industrielle. Au XX<sup>e</sup> siècle, la production centralisée d'électricité, le téléphone, la radio et la télévision, le pétrole bon marché, ainsi que les véhicules à combustion interne utilisant les réseaux routiers nationaux ont convergé pour créer l'infrastructure de la Deuxième Révolution Industrielle.

Aujourd'hui, l'Union européenne met en place les fondations de la Troisième Révolution Industrielle. Le plan requiert une Europe intelligente et connectée. L'économie numérique va révolutionner chaque secteur commercial, perturber la façon de fonctionner de presque chaque industrie, apporter dans son sillon des opportunités économiques nouvelles sans précédent, remettre dans l'emploi des millions de personnes, démocratiser la vie économique et créer une société plus durable à faible teneur en carbone pour atténuer les changements climatiques. De façon toute aussi importante, le nouveau récit économique est accompagné par une nouvelle prise de conscience de la biosphère alors que l'humanité commence à percevoir la Terre comme faisant partie de sa communauté indivisible. Chacun de nous commence à prendre ses propres responsabilités en tant que garants des écosystèmes planétaires qui alimentent toute la vie.

L'Internet numérique de la communication converge avec l'Internet numérique de l'énergie renouvelable et l'Internet numérique des transports et de la logistique automatisés pour créer un super-Internet sur lequel se base une infrastructure appelée l'Internet des Objets. Dans l'ère de l'Internet des Objets, des capteurs et des actionneurs seront intégrés dans chaque dispositif et appareil, leur permettant de communiquer les uns avec les autres et avec les utilisateurs d'Internet, reliant les environnements humain et naturel en un réseau intelligent mondial distribué et fournissant des données en temps réel sur la gestion, l'alimentation, et la circulation de l'activité économique dans une Europe numérique intelligente (Smart Digital Europe). Pour la première fois de l'histoire, tous les êtres humains peuvent coopérer directement les uns avec les autres, enrichissant ainsi considérablement la vie économique.

La numérisation de la communication, de l'énergie renouvelable et des transports pose aussi des risques et des défis, dont non pas des moindres sont de garantir la neutralité des réseaux, prévenir la création de nouveaux monopoles d'entreprises, protéger la vie privée, s'assurer de la sécurité de l'information et contrecarrer la cybercriminalité et le cyber-terrorisme. La Commission européenne a déjà commencé à apporter des solutions en instaurant comme

principe général que « la vie privée, la protection des données et la sécurité informatique sont des impératifs complémentaires pour les services de l'Internet des Objets ». Ces défis seront abordés dans le développement et la mise en œuvre de l'étude stratégique TIR.

Dans cette économie numérique élargie, les entreprises privées connectées à l'Internet des Objets utiliseront le Big Data (les mégadonnées) et l'analytique pour développer des algorithmes qui accélèrent l'efficacité globale, réduisent l'empreinte écologique et baissent le coût marginal de production de biens et services, rendant les entreprises luxembourgeoises plus compétitives sur le marché mondial post-carbone émergent. Le coût marginal de certains biens et services dans une Europe intelligente (Smart Europe) approchera même zéro, permettant ainsi à de millions de prosommateurs, connectés à l'Internet des Objets, de produire et échanger des objets les uns avec les autres, gratuitement, dans une Économie de partage grandissante (le coût marginal est le coût de production d'une unité additionnelle d'un bien ou service après que les coûts fixes ont été absorbés).

## **L'EFFICACITÉ GLOBALE ET LA PRODUCTIVITÉ**

La transformation vers une infrastructure de l'Internet des Objets et vers un paradigme de Troisième Révolution Industrielle oblige à repenser complètement la théorie et la pratique économique. La libération potentielle d'une productivité extrême amenée par la numérisation de la communication, de l'énergie et des transports, mène à une réévaluation de la nature même de la productivité et à une nouvelle compréhension de la durabilité écologique.

Toute activité économique découle de l'exploitation de l'énergie disponible dans la nature et de sa transformation en biens et services. A chaque étape des procédés d'extraction, de production, de stockage et de distribution, l'énergie est utilisée pour transformer les ressources de la nature en biens et services. Toute énergie comprise dans le produit ou service est au dépens de l'énergie utilisée et perdue – la facture entropique – lors du parcours de l'activité économique tout au long de la chaîne de production. Enfin, les biens que nous produisons sont consommés, jetés et recyclés dans la nature avec là encore un accroissement de l'entropie. La facture entropique pour les Première et Deuxième Révolutions Industrielles est arrivée. À force de brûler des quantités massives d'énergie fossile, l'accumulation des émissions de dioxyde de carbone dans l'atmosphère a donné lieu au changement climatique, à la destruction systématique de la biosphère terrestre et au sixième événement d'extinction dans l'histoire de notre planète, remettant en cause le modèle économique existant. Le domaine de l'économie, pour la plus grande partie, doit encore faire face au fait que l'activité économique est conditionnée par les lois de la thermodynamique.

Jusqu'à tout récemment, les économistes se satisfaisaient de mesurer la productivité par deux facteurs: davantage de capital investi dans des machines plus performantes et une performance de travail accrue. Cependant, lorsque Robert Solow, lauréat du prix Nobel de l'économie en 1987 pour sa théorie de la croissance, a analysé l'époque industrielle, il a trouvé que les investissements en capital et la performance des travailleurs n'expliquaient qu'à peu près 12,5% de toute croissance économique, soulevant la question de savoir ce qui était responsable des 87,5% restants. Au cours des 25 dernières années, un certain nombre d'analystes sont retournés en arrière pour retracer la croissance de la période industrielle en fondant leur analyse sur trois facteurs, prenant en compte les moyens de production, la performance des travailleurs, et l'efficacité thermodynamique de l'utilisation de l'énergie. Ils ont découvert que c'est « l'efficacité thermodynamique croissante avec laquelle l'énergie et les matières premières sont converties en travail utile » qui explique les gains substantiels de productivité et de croissance dans les économies industrielles. En d'autres termes, « l'énergie » est le facteur manquant.

Un examen plus approfondi de la Première et de la Deuxième Révolution Industrielle révèle que les bonds de productivité et de croissance ont été rendus possibles grâce à la matrice communication/énergie/transport et notamment à l'infrastructure connexe qui comprenait la plateforme technologique générale à laquelle se connectaient les entreprises. Par exemple, sans un réseau électrique, Henry Ford n'aurait pas pu bénéficier des avancées spectaculaires en efficacité et en productivité apportées par les outils électriques dans les usines. Les entreprises n'auraient pas non plus pu profiter des gains en efficacité et en productivité des vastes activités verticalement intégrées sans le télégraphe et plus tard le téléphone, qui leur permettait de communiquer de façon immédiate, à la fois en amont avec les fournisseurs et en aval avec les distributeurs, ainsi qu'à un accès instantané aux chaînes de commande de leurs opérations internes et externes. Les entreprises n'auraient pas non plus pu réduire leurs coûts logistiques sans un réseau routier bien développé permettant d'accéder à tous les marchés domestiques. De même, le réseau électrique, les réseaux de télécommunication ainsi que les voitures et camions empruntant le réseau routier national étaient tous alimentés par l'énergie fossile qui exigeait une infrastructure énergétique verticalement intégrée pour acheminer la ressource de la source aux utilisateurs finaux.

L'infrastructure de technologie générale de la Deuxième Révolution Industrielle a fourni le potentiel productif pour une augmentation spectaculaire de la croissance au XX<sup>e</sup> siècle. Entre 1900 et 1929, les États Unis ont mis en place les premiers éléments d'une infrastructure de Deuxième Révolution Industrielle – le réseau électrique, le réseau des télécommunications, le réseau routier, les gazoducs et les oléoducs, les réseaux d'alimentation en eau et d'égouts, et les systèmes des écoles publiques. La Grande Dépression et la Deuxième Guerre mondiale ont ralenti l'effort, mais après la guerre, la construction du système

autoroutier inter-états, l'achèvement d'un réseau électrique à travers tout le pays ainsi que la création d'un réseau de télécommunications a fourni une infrastructure mûre, entièrement intégrée. L'infrastructure de la Deuxième Révolution Industrielle a fait progresser la productivité dans chaque industrie.

Pendant la période de 1900 à 1980 aux États Unis, l'efficacité énergétique globale - le rapport entre le travail physique utile qui peut être extrait des matériaux et son niveau potentiel - a augmenté de façon régulière au fil du développement de l'infrastructure du pays, passant de 2,48 % à 12,3 %. L'efficacité énergétique globale a plafonné vers les années 1990 à près de 14 % lors de l'achèvement de l'infrastructure de la Deuxième Révolution Industrielle. Malgré une augmentation importante de l'efficacité, qui a rendu possible aux États Unis une productivité et une croissance extraordinaires, près de 86 % de l'énergie que nous avons utilisée au cours de la Deuxième Révolution Industrielle a été gaspillée lors de sa transmission. Tous les autres pays industriels ont connu une courbe et un pic de productivité similaires. Par exemple, malgré la hausse importante de l'efficacité énergétique globale au Luxembourg au cours du XX<sup>e</sup> siècle, le pays gaspille encore plus de 80 % de ses ressources énergétiques.

Même si nous procédions à moderniser l'infrastructure de Deuxième Révolution Industrielle, il n'y aurait qu'un effet limité sur l'efficacité globale, sur la productivité et la croissance. Les énergies fossiles sont venues à échéance. Et les technologies qui ont été conçues et fabriquées pour fonctionner avec ces énergies, telles que le moteur à combustion interne et le réseau électrique centralisé, ont largement épuisé leur productivité, avec peu de potentiel restant à exploiter.

La construction et le déploiement de la plateforme de Troisième Révolution Industrielle et de l'Internet des Objets permettra aux entreprises luxembourgeoises d'augmenter de façon fondamentale les gains d'efficacité sur toutes leurs chaînes de valeurs, d'accroître la productivité, et de réduire les coûts marginaux et l'empreinte écologique dans la gestion, l'alimentation, et l'acheminement de l'activité économique, faisant du pays un leader du changement vers le nouveau paradigme économique et vers une société écologique.

## L'APPROCHE NATIONALE DU LUXEMBOURG DE LA TROISIÈME RÉVOLUTION INDUSTRIELLE (TIR)

Dans le but d'établir une stratégie économique plus durable pour le Luxembourg, le Ministère de l'Économie, la Chambre de Commerce et IMS Luxembourg ont lancé conjointement l'étude stratégique de « Troisième Révolution Industrielle » portée en collaboration avec Jeremy Rifkin et son équipe internationale d'experts. Par ses politiques de diversification économique et les divers plans d'actions y référant, le Luxembourg évolue dans des secteurs clés de la TIR depuis plus d'une décennie. Le but de l'étude est d'accélérer ces dynamiques et de créer un modèle socio-économique résilient pour les générations présentes et futures. Le résultat de l'étude est une stratégie cohérente et holistique qui permet au Luxembourg de faire des avancées nouvelles vers l'avènement de la Troisième Révolution Industrielle. En tant que carrefour cosmopolite au cœur de l'Europe, l'ouverture du pays et sa capacité à se réinventer tout en s'adaptant continuellement à un environnement changeant sont des composantes essentielles au succès de son développement. De plus, son appartenance à l'Union Européenne est essentielle pour accélérer la transition vers la TIR.

Aujourd'hui, le modèle socio-économique luxembourgeois est soutenu par une croissance extensive, principalement soutenue par une croissance de la main-d'œuvre et moins conditionnée par les gains en productivité. Le schéma économique et le mode de vie sont tout d'abord orientés vers une consommation linéaire intensive en ressources entraînant des externalités économiques, sociales et environnementales négatives. La mise en œuvre de la Troisième Révolution Industrielle facilite la transition du Luxembourg vers une croissance qualitative, fondée sur des progrès technologiques, des gains d'efficacité, des gains de productivité et une gestion intelligente des ressources, avec pour but de rendre notre modèle socio-économique plus durable. Cette croissance qualitative permet la création de richesse responsable, ce qui est indispensable pour affronter des sujets sociétaux et environnementaux majeurs tels que la pauvreté, le chômage, les inégalités, la perte de la biodiversité et le changement climatique.

Un des grands objectifs de cette étude est de sensibiliser et préparer l'économie et la société luxembourgeoise aux mégatendances à venir et aux forces perturbatrices inhérentes – notamment la numérisation, l'automatisation, la décarbonisation et l'utilisation efficace des ressources – tout autant qu'aux nouveaux modèles économiques, y inclus l'économie circulaire et l'économie de partage. Par cette étude, les menaces perçues devraient être transformées en opportunités à saisir par tous les acteurs clés de la société luxembourgeoise. Malgré le fait que le Luxembourg n'ait pas d'influence sur ces mégatendances mondiales, il est essentiel que le pays anticipe les changements et prenne des mesures préventives afin d'assurer sa compétitivité future. Dans cette optique, l'étude stratégique TIR du Luxembourg est une boîte à outils qui contient divers instruments pour préparer l'avenir.

L'étude a été menée en utilisant une approche transversale « bottom-up » avec la participation active d'acteurs socio-économiques nationaux ayant contribué avec leur savoir-faire, leurs idées, opinions, expériences et visions à intégrer de multiples perspectives au processus. En tandem avec des données macro-économiques spécifiques du pays, cette collaboration sans précédent a donné lieu à une étude sur mesure adaptée aux réalités locales. La participation de nombreux acteurs à cet effort commun a été un facteur clé de sa réussite et allait de pair avec l'approche des « communaux collaboratifs » et avec le paradigme de l'innovation ouverte inhérents à la Troisième Révolution Industrielle. La participation plurifonctionnelle a été organisée en neuf groupes de travail thématiques comprenant six piliers verticaux qui étaient chargés des sujets sectoriels suivants : énergie, mobilité, construction, alimentation, industrie et finance, et de trois axes horizontaux qui ont traité les enjeux transversaux de la « smart economy », de l'économie circulaire, et du thème « prosommateurs et modèle social ».



Les différents groupes de travail thématiques ont enrichi l'étude TIR du Luxembourg en identifiant et discutant des opportunités, des défis et des tendances qui en découlent, et en proposant des mesures stratégiques et des actions concrètes dans les différentes arènes, notamment l'infrastructure, la technologie, le cadre réglementaire, les politiques, les nouveaux modèles d'entreprise, la finance et l'éducation. Même si chaque domaine a été traité séparément, les différents sujets sont interconnectés, de sorte que l'étude doit être prise systématiquement et dans son ensemble. De multiples liens et interactions existent, non seulement via les axes horizontaux mais aussi entre piliers verticaux. Les trois axes horizontaux influencent toute la vie économique et la société dans son ensemble. Les technologies intelligentes constituent l'épine dorsale des applications de l'Internet des Objets. Le concept d'économie circulaire pénètre chaque secteur économique et ferme la boucle de la consommation des ressources. L'économie de partage, comme système économique et modèle d'entreprise nouveau impacte tous les piliers verticaux et les axes horizontaux. Le pilier « finance » contient aussi un aspect transversal dans sa fonction de facilitateur de projets et investissements TIR. De plus, de nombreux points qui n'apparaissent pas de façon explicite dans la désignation des groupes de travail sont intégrés dans l'étude et discutés en détail dans les différents chapitres. Ces thèmes incluent le rôle des autorités publiques en tant qu'acteurs et facilitateurs, les effets sur les conditions d'emploi et de travail, l'importance de la littératie, les enjeux de l'éducation et de la formation, ainsi que le changement socio-culturel et les changements de mentalité qui accompagnent et conditionnent la transition. L'étude comprend aussi une évaluation de scénarios d'innovation qui explorent les bénéfices macroéconomiques potentiels pour le Luxembourg.

**Le passage du Luxembourg à la Troisième Révolution Industrielle est un processus continu et à long terme qui s'effectuera au cours des prochaines décennies.** L'étude stratégique servira de catalyseur et de pièce maitresse d'un large débat public sur l'avenir social et économique de la nation. L'étude n'est pas gravée dans le marbre et devra être adaptée en continu aux progrès technologiques et aux évolutions sociétales. C'est un instrument flexible qui ouvre la voie à la transition et guide les acteurs socio-économiques sur le chemin à suivre.

## EXPLORATION DES BÉNÉFICES ÉCONOMIQUES POTENTIELS DU SCÉNARIO D'INNOVATION DE LA « TROISIÈME RÉVOLUTION INDUSTRIELLE »<sup>1</sup>

Explorer les bénéfiques macroéconomiques potentiels du scénario d'innovation de la Troisième Révolution Industrielle est un élément important du plan directeur de la TIR. Il est essentiel d'analyser les configurations actuelles de l'activité économique et de la consommation d'énergie et d'explorer l'ampleur de l'effort et des investissements ciblés qui permettront au Luxembourg de construire des opportunités à l'avenir. En gardant ceci à l'esprit, l'étude stratégique résume les impacts économiques majeurs de cette enquête spécifique et met en exergue les prochaines étapes essentielles qui peuvent assurer une économie robuste, résiliente et durable au Luxembourg. Néanmoins, il est important de signaler qu'un exercice de modélisation et de prévision jusqu'à 2050 est de nature très complexe. Ainsi, le leitmotiv d'un tel exercice devrait toujours être le suivant: « *Modéliser pour avoir des grandes lignes, plutôt que des précisions* ».

En fonction de la combinaison et les utilisations productives de toutes les ressources qui sont mises en place, l'économie luxembourgeoise est capable de livrer un assortiment de biens et services. Ceci est typiquement mesuré en termes de Produit intérieur brut (PIB). Dans la plupart des évaluations de développement économique, le travail et le capital sont considérés comme étant les principaux moteurs de l'activité économique. Pourtant c'est l'énergie – la troisième composante, souvent négligée, du processus économique – qui peut s'avérer être le moteur le plus important. Lorsque l'énergie est procurée de façon optimale et utilisée efficacement, elle peut amplifier le développement économique local et donner naissance à une économie plus robuste et résiliente. Mais il est également vrai qu'une mauvaise combinaison de ces ressources et particulièrement une utilisation inefficace de ces ressources, peut sensiblement limiter la vitalité d'une économie.

En 2016 par exemple, le Luxembourg dépensera près de 2 milliards d'euros pour faire face à ses besoins énergétiques combinés. Bien que le Luxembourg en déduise de nombreux bénéfices, il reste encore une opportunité importante de faire des économies. Alors que le pays peut se prévaloir d'une économie avec une efficacité énergétique en moyenne plus élevée que l'économie mondiale, elle semble toujours gaspiller plus de 80% de ses ressources énergétiques de haute qualité. Une analyse fondée sur des données publiées par l'Agence internationale de l'énergie (AIE) suggère en effet que le Luxembourg peut convertir moins de 20% de l'énergie disponible en travail utile. Ceci se réfère à la consommation énergétique qui permet la transformation des matériaux et autres ressources dans la combinaison souhaitée de biens et services au sein de l'économie luxembourgeoise. Avec cette magnitude de pertes continues d'énergie ainsi que la sur-dépendance sur les sources d'énergie fossile, le Luxembourg

<sup>1</sup> Pour un récit détaillé et des aperçus méthodologiques et techniques plus approfondis au sujet de la modélisation, merci de consulter le chapitre correspondant dans l'étude stratégique intégrale.

pourrait faire face à de sérieux défis économiques et compétitifs s'il continuait avec sa configuration actuelle de production et de consommation d'énergie. Des mises à niveau systématiques en faveur de technologies énergétiques efficaces et d'investissements productifs en systèmes d'énergies renouvelables peuvent fournir l'énergie dont le Luxembourg a besoin d'ici 2050. Encourager une telle transition est à la fois techniquement et économiquement réalisable. Une partie importante des milliards d'euros dépensés chaque année pour la consommation d'énergie pourrait être utilisée différemment pour renforcer de manière plus productive l'ensemble de l'économie du pays.

L'étude stratégique TIR explore les opportunités futures de développement économique dont pourrait disposer le Luxembourg. Plus particulièrement, l'étude se penche sur les retours économiques prospectifs au sein de l'économie luxembourgeoise si les ménages et les entreprises se détourneraient des schémas d'investissements actuels afin de pratiquer un mode énergétique plus productif et plus propre. L'analyse enquête sur les bénéfices que l'efficacité énergétique et les ressources énergétiques renouvelables peuvent livrer à l'économie comme base d'un développement économique revitalisé. Il examine aussi l'échelle d'investissement qui sera nécessaire pour propulser ces améliorations.

## **AU SUJET DU CADRE DE L'ÉVALUATION ÉCONOMIQUE**

Le Luxembourg est à un moment de l'histoire où l'inaction n'est pas une option. En effet, le pays se trouve au carrefour à la fois de défis et d'opportunités. D'un côté, en comparaison avec l'expérience historique passée, l'économie affiche une performance en perte de vitesse. Au cours de la période 1985-2000, par exemple, le montant du PIB soutenu par chaque emploi dans l'économie luxembourgeoise – une approche utile de la productivité à l'échelle économique – a progressé à un taux annuel très vigoureux de +2,6%. Avec une progression solide à la fois de la population et des emplois, l'économie a progressé en moyenne de +6% par an sur cette période de 15 ans. En revanche, au cours des 15 ans suivants, les gains de productivité de l'ensemble de l'économie se sont aplatis et étaient même un peu plus faibles en 2015 qu'en 2000. Pourtant, un accroissement continu à la fois de la population et des emplois a permis à l'économie nationale de croître à un taux de +2,8% par an. Bien que cela soit largement inférieur aux tendances précédentes, cela reste un taux de croissance économique solide sur le plan international.

En même temps, l'impulsion clé de l'essor luxembourgeois au cours des 15 dernières années semble être davantage l'arrivée massive d'habitants et de travailleurs plutôt qu'un accroissement significatif de la production globale. Et bien que les projections économiques habituelles suggèrent une croissance annuelle continue de +3,0% jusqu'en 2050, d'autres prévisions et indications semblent

signaler la possibilité d'une activité économique plus faible et moins robuste, et surtout, un taux à la traîne dans l'usage plus productif de capital, d'énergie et autres ressources.

Deux tendances clés doivent être prises en compte pour avancer. La première est la croissance de la productivité globale des facteurs dans l'ensemble de l'économie. Comparé au taux de croissance annuel historique de la période de 1985-2010, des projections récentes suggèrent une croissance qui est de moitié réduite par rapport au rythme historique. Sur la période de 10 ans de 2010-2020, en reflétant la volatilité économique de la précédente période de 10 ans, le taux de productivité est prédit être à la baisse, mais la tendance se redresse légèrement au cours des 30 ans de 2020-2050. En même temps, il y a une deuxième tendance qui évoque une économie moins résiliente à l'avenir, due dans ce cas à un taux d'investissement en déclin. De récentes projections indiquent que le taux de formation brute de capital fixe – les investissements annuels dans les immobilisations totales du Luxembourg – décroît aussi en comparaison avec la performance historique. Ceci, à son tour, pourrait freiner à l'avenir une activité économique plus vigoureuse. Et si nous y ajoutons encore les nombreuses mesures qui doivent être prises pour adresser le changement climatique et autres inquiétudes environnementales, nous pouvons très vite imaginer que l'omission d'explorer ces retombées possibles pourrait mettre le Luxembourg en péril. Étant donné ce contexte, une question importante reste à creuser : l'économie luxembourgeoise peut-elle rester à la fois vigoureuse et durable alors que la productivité et le taux de formation brute de capital apparaissent comme potentiellement décroissants ?

Des apports préliminaires du STATEC, ainsi que des données clés de haut niveau du scénario de référence fournissent un point de départ utile pour faire un certain nombre de projections de performance économique jusqu'en 2050. Nous pouvons comparer les hypothèses de ces scénarios de référence avec les résultats qui pourraient émerger des scénarios d'innovation TIR.

La question qui pourrait être utile à soulever est quelle combinaison d'efforts ciblés et d'investissements productifs pourraient assurer le développement d'une économie plus robuste ? La « pensée TIR » peut devenir un plan d'assurance permettant au Luxembourg de maintenir une économie saine. Le Scénario d'Innovation TIR, à son tour, peut donner un aperçu du nouveau mode de plateforme économique qui peut assurer à la fois une économie résiliente et durable sur une période de temps plus longue.

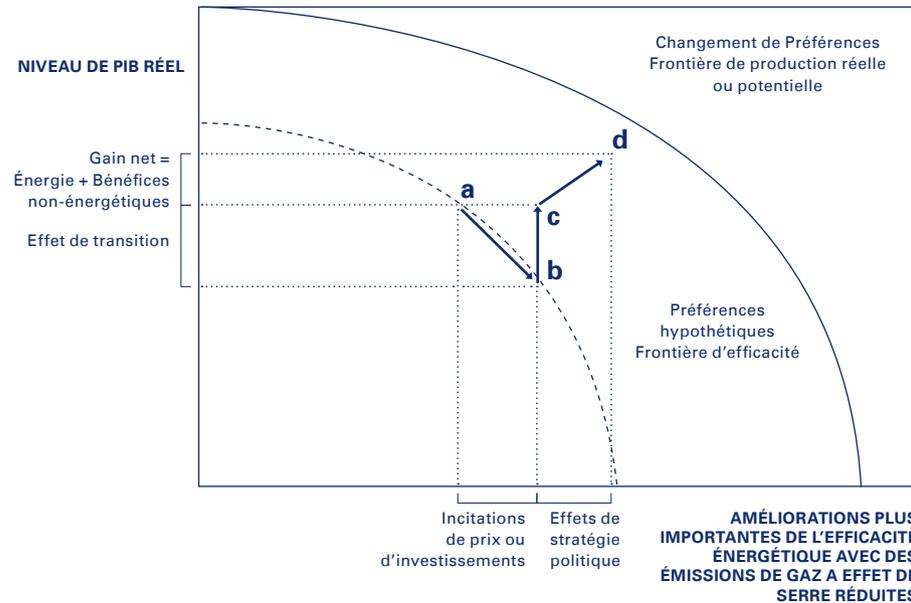
Nonobstant certains signes précurseurs d'une économie plus faible, le Luxembourg a un nombre d'opportunités prometteuses qui peuvent marquer la voie vers l'utilisation plus productive de ses nombreuses ressources. De plus,

les centaines de différentes opportunités identifiées dans l'étude stratégique TIR s'étendent des modifications dans les schémas de politique d'aménagement à des fins de transport jusqu'aux améliorations à grande échelle des entreprises commerciales et industrielles luxembourgeoises. Elles incluent aussi le développement des technologies de l'information et de la communication qui permettent aux nombreux bâtiments existants et nouveaux, ainsi qu'à d'autres structures, de servir de nœuds interactifs qui augmentent et optimisent la performance économique globale de l'économie luxembourgeoise. Comment ces options pourraient-elles générer un retour net positif comparé aux hypothèses standards des scénarios « business-as-usual » ?

A ce jour nous ne pouvons connaître ni l'ampleur du stimulus, ni l'impact productif des très nombreuses collaborations positives qui seront nécessaires, ni les résultats précis qui pourraient découler de telles innovations. Par contre, nous pouvons offrir une explication générale positive de la manière dont des bénéfices multiples émergeront vraisemblablement du processus de planification principal TIR.

Au regard du schéma ci-dessous, nous pourrions émettre l'hypothèse que le Luxembourg est sur une frontière de production au point « a ». Étant donné les structures de marché actuelles, les technologies et les besoins sociaux, tout changement pour satisfaire une demande de meilleure efficacité, ou de réduction des émissions de gaz à effet de serre, aura probablement pour effet un mouvement descendant vers la droite. En fait, le Luxembourg pourrait réussir une amélioration de productivité isolée, et il pourrait y avoir une certaine réduction dans les émissions de gaz à effet de serre, mais cela viendrait très certainement aux dépens d'une baisse de revenus et du PIB. Pourtant, le scénario d'innovation TIR envisage une pensée revitalisée, accompagnée d'un ensemble de programmes, politiques, et incitations qui pourraient dans un premier temps engendrer une baisse de l'économie qui atteindrait le point « b ». Mais un tel changement pourrait aussi créer une transition productive pouvant emmener l'économie vers le point « c ». Le résultat pourrait être une amélioration de l'efficacité énergétique (ainsi qu'une utilisation plus productive des ressources en général) alors même que l'économie demeure à un niveau de PIB relativement stable. A un moment donné pourtant, les bénéfices énergétiques et non-énergétiques divers qui résultent d'une gamme d'incitations et d'initiatives politiques peuvent propulser la performance de l'économie à un niveau de performance plus élevé que prévu. La migration du point « a » au point « d » pourrait représenter une réduction de 30 % des besoins énergétiques par unité de PIB.

FIGURE : CADRE CONCEPTUEL POUR ÉVALUER LES SCENARIOS D'INNOVATION TIR



SOURCE : JOHN A. "SKIP" LAITNER (MAI 2016).

Les économies nettes d'énergie, conjointement avec une transition vers un système d'énergies renouvelables, pourraient encore stimuler des gains nets en emplois et PIB. De façon tout aussi importante, le Scénario d'Innovation TIR peut devenir un outil d'encadrement pour catalyser une courbe d'apprentissage continu et encourager des innovations d'une portée encore plus grande dans les décennies suivantes, permettant au Luxembourg d'avancer de façon encore plus offensive à la frontière de production afin que les technologies et les marchés futurs soient encouragés, développés, et mis en place pour le bénéfice à long terme de l'économie.

## RÉSULTATS POTENTIELS DU SCÉNARIO D'INNOVATION TIR POUR LE LUXEMBOURG

Le fondement pour l'évaluation économique globale qui a été réalisée dans le cadre du processus de planification principale de l'étude TIR au Luxembourg est le système exclusif de modélisation connu en tant que *Dynamic Energy Efficiency Policy Evaluation Routine* (DEEPER). C'est un modèle dynamique compact *input-output* d'une économie régionale ou nationale donnée. Le modèle est essentiellement une recette qui indique les échanges achat-vente potentiels entre les différents secteurs de l'économie, et comment ils pourraient, à leur tour, être affectés par des schémas d'investissement et de dépense modifiés. Mettre en place cette recette est une première étape dans l'exploration des impacts macroéconomiques sur l'économie luxembourgeoise évoluant de la Deuxième Révolution Industrielle vers une performance plus élevée associée à la Troisième Révolution Industrielle. L'analyse pour le Luxembourg s'est concentrée sur les changements à apporter dans l'usage productif des ressources, sur les améliorations de l'infrastructure et les technologies de l'information et de la communication, et surtout sur une plus grande circularité au sein de l'économie du Luxembourg. L'évaluation économique décrite ici est un résumé de ces changements. Le modèle s'est appuyé sur un scénario de référence hypothétique sur la période 2015 à 2050 tel que reflété dans diverses données publiées par le STATEC, la Commission européenne, l'Organisation de Coopération et du Développement Économique (OCDE) et l'Agence Internationale de l'Énergie, parmi d'autres organisations et universités.

En comparant le scénario de référence du Luxembourg et le Scénario d'Innovation TIR, nous souhaitons évaluer qu'est-ce que le Scénario d'Innovation TIR, fondé sur la construction d'une infrastructure et sur des modèles d'entreprise TIR plus robustes et durables, peut apporter. Le tableau ci-dessous fournit un « contexte de situation » plus complet en mettant en valeur les indicateurs macroéconomiques plus larges associés aux différences entre le scénario de référence (*business-as-usual*) et le Scénario d'Innovation TIR.

TABLEAU : RÉSULTATS ILLUSTRATIFS POUR LE SCENARIO D'INNOVATION TIR

	Unité	2015	2017	2020
<b>Croissance démographique</b>	Habitants	576,192	596,303	627,794
<b>PIB</b>	Millions d'Euros <sub>2000</sub>	39,793	42,246	46,211
<b>Demande énergétique totale Scénario de référence</b>	GWh	25,419	25,426	25,437
<b>Coûts énergétiques Scénario de référence</b>	Millions d'Euros <sub>2015</sub>	1,997	2,008	2,024
<b>Demande énergétique Innovation TIR</b>	GWh	25,419	25,122	24,243
<b>Gain d'efficacité énergétique</b>	GWh	0	304	1,194
<b>Demande en énergie conventionnelle</b>	GWh	25,419	25,022	23,293
<b>Demande en énergie propre</b>	GWh	0	100	950
<b>Économies nettes sur la facture d'énergie Innovation TIR</b>	Millions d'Euros <sub>2015</sub>	0	-14	52
<b>Économies brutes sur la facture d'énergie</b>	Millions d'Euros <sub>2015</sub>	0	0	96
<b>Coûts des programmes, politiques, transactions</b>	Millions d'Euros <sub>2015</sub>	0	8	16
<b>Paiements pour l'efficacité énergétique</b>	Millions d'Euros <sub>2015</sub>	0	7	27
<b>Dépenses d'approvisionnement énergétique</b>	Millions d'Euros <sub>2015</sub>	1,997	2,008	1,928

Dans la rangée intitulée Demande énergétique Innovation TIR du tableau ci-dessus, une demande énergétique de 25419 GWh<sup>2</sup> est répertoriée pour l'année 2015. Elle est aussi référencée deux rangées plus bas à l'entrée Demande en énergie conventionnelle. Lorsque, début 2017, les investissements en matière d'efficacité énergétique commencent à être ressentis et qu'en même temps les technologies d'énergies propres commencent à pénétrer le marché, la demande en énergie conventionnelle baisse lentement pour atteindre 0 GWh d'ici l'an 2050. Les données montrent aussi une réduction importante du coût global des services énergétiques du Luxembourg. Plutôt qu'un coût annuel suggéré de 2190 millions d'euros dans le cas de référence, le Scénario d'Innovation TIR révèle une facture énergétique beaucoup moins importante de 1369 millions d'euros – une économie annuelle de 821 millions euros d'ici l'an 2050.

2 Les 25419 GWh du besoin énergétique total en 2015 représentent la somme de la demande électrique totale au Luxembourg de 5895 GWh, de diverses demandes pour chauffage de 13322 GWh, et des besoins énergétiques de transport local personnel équivalents à 6202 GWh. Ces totaux ne prennent pas en compte les besoins du tourisme à la pompe, du transit et de l'aviation.

	2030	2040	2050	
<b>Croissance démographique</b>	745,278	884,746	1,050,315	
<b>PIB</b>	62,322	84,048	113,349	
<b>Demande énergétique totale Scénario de référence</b>	25,473	25,509	25,545	<b>Moyenne 2016-2050</b>
<b>Coûts énergétiques Scénario de référence</b>	2,077	2,133	2,190	2,100
<b>Demande énergétique Innovation TIR</b>	21,528	19,118	16,977	-
<b>Gain d'efficacité énergétique</b>	3,944	6,391	8,568	-
<b>Demande en énergie conventionnelle</b>	15,329	7,529	0	-
<b>Demande en énergie propre</b>	6,200	11,588	16,977	-
<b>Économies nettes sur la facture d'énergie Innovation TIR</b>	197	350	485	250
<b>Économies brutes sur la facture d'énergie</b>	334	575	821	420
<b>Coûts des programmes, politiques, transactions</b>	33	24	19	25
<b>Paiements pour l'efficacité énergétique</b>	105	200	317	145
<b>Dépenses d'approvisionnement énergétique</b>	1,743	1,558	1,369	1,680

SOURCE : STATEC, DONNÉES/PROJECTIONS OCDE ET SIMULATIONS DE MODÉLISATION DEEPER

Cette réduction de 821 millions représente ce qui pourrait être appelé les économies annuelles brutes sur la facture d'énergie. Un critère de mesure plus utile sont les économies nettes sur les factures énergétiques pour la même année. Celles-ci prennent en compte le coût des programmes et politiques connexes, ainsi que les paiements amortis faits pour l'amélioration de l'efficacité énergétique qui réduiront les économies brutes en 2050 d'environ 336 millions d'euros, pour atteindre les 485 millions d'euros. Nous pouvons illustrer ceci en recourant à des valeurs de moyenne annuelle pour les années 2016 à 2050 tel que décrit dans la figure ci-dessous. Au lieu d'un coût énergétique annuel moyen de 2100 millions d'euros, le Scénario d'Innovation TIR suggère un coût plus faible de seulement 1680 millions d'euros. Mais, alors que les économies brutes pourraient être de l'ordre de 420 millions d'euros par an en moyenne, les investissements supplémentaires en efficacité énergétique et les coûts pour les programmes politiques et incitations réduisent les économies brutes pour arriver à des économies annuelles nettes de 250 millions d'euros. Le coût restant des services énergétiques (incluant à la fois les coûts des programmes, des paiements pour l'efficacité énergétique et le coût restant de l'énergie) est alors de 1850 millions d'euros.

**FIGURE : LES PAIEMENTS ANNUELS MOYENS POUR LES SERVICES ÉNERGÉTIQUES DE 2016 À 2050**



SOURCE : JOHN A. "SKIP" LAITNER (SEPTEMBRE 2016).

Aussi bénéfique que ce résultat puisse paraître, il résulte simplement du coût total plus faible des ressources liées à l'énergie.

En même temps, il y a de nombreuses réductions dans le coût des externalités, qui, si elles étaient incluses dans cette évaluation, augmenteraient encore les avantages du Scénario d'Innovation TIR. Nous pouvons aussi comptabiliser d'autres coûts sociaux, économiques, de santé et de l'environnement qui vont avoir une incidence sur le Luxembourg. Par exemple, selon une étude récente<sup>3</sup>, si le Luxembourg devait parvenir à une économie basée à 100% sur l'énergie renouvelable<sup>4</sup>, l'ensemble des effets évités sur la santé dû à la qualité de l'air et

3 Mark Z. Jacobson, Mark A. Delucchi, et al. (April 2016). 100% Clean and Renewable Wind, Water, and Sunlight (WWS) All-Sector Energy Roadmaps for 139 Countries of the World. Department of Civil and Environmental Engineering, Stanford University. <https://web.stanford.edu/group/efmh/jacobson/Articles/I/CountriesWWS.pdf>  
Notez que les valeurs d'origine exprimées ici étaient d'abord indiquées en dollars US 2013. Ces valeurs ont été converties en Euros en utilisant un taux de change de 1328 USD par Euro.

4 Cependant, dans les différents scénarios caractérisés dans la section Énergie de l'étude stratégique, le scénario énergétique prospectif le plus rentable est celui qui accroît la production locale d'énergie jusqu'à 70% au sein du Luxembourg. Le scénario le plus rentable est donc celui dans lequel 30% d'énergie est importée des pays voisins. Ce Scénario d'Innovation TIR optimal fournit des coûts énergétiques unitaires qui sont environ 20 pourcent moins chers que si 100% de l'énergie renouvelable est générée au sein de la région.

les impacts du changement climatique global pourrait approcher les 7 milliards d'euros en économies supplémentaires d'ici 2050. Ceci n'inclut pas les avantages additionnels en termes de PIB et d'emplois qui sont susceptibles de découler du schéma plus productif d'investissements en infrastructures, en amélioration de l'efficacité énergétique, et dans le déploiement à grande échelle de systèmes d'énergies renouvelables. On pourrait ici s'imaginer des changements tels que les modèles de transports urbains et aménagements du territoire, le développement des technologies d'information et de communication et une multitude d'autres modifications d'infrastructure pour optimiser la performance globale de l'économie du Luxembourg. Un tel résultat devient alors une opportunité pour une combinaison d'investissements plus productifs afin de réduire le coût des services énergétiques pour que tous les coûts nets restants soient considérablement inférieurs à une hypothèse *business-as-usual*. Plusieurs études internationales de ces dernières années mettaient toutes en exergue le potentiel en termes d'efficacité et de productivité accrues, de nouveaux modèles d'entreprise, d'opportunités d'emploi amenées par le changement vers une « Smart economy » de l'Internet des Objets. Néanmoins, les données qui sont aujourd'hui collectées ne suivent (encore) ni l'efficacité énergétique ni l'amélioration de la productivité entraînée notamment par l'Internet des Objets, par les applications intelligentes et les réseaux facilités par les TIC.

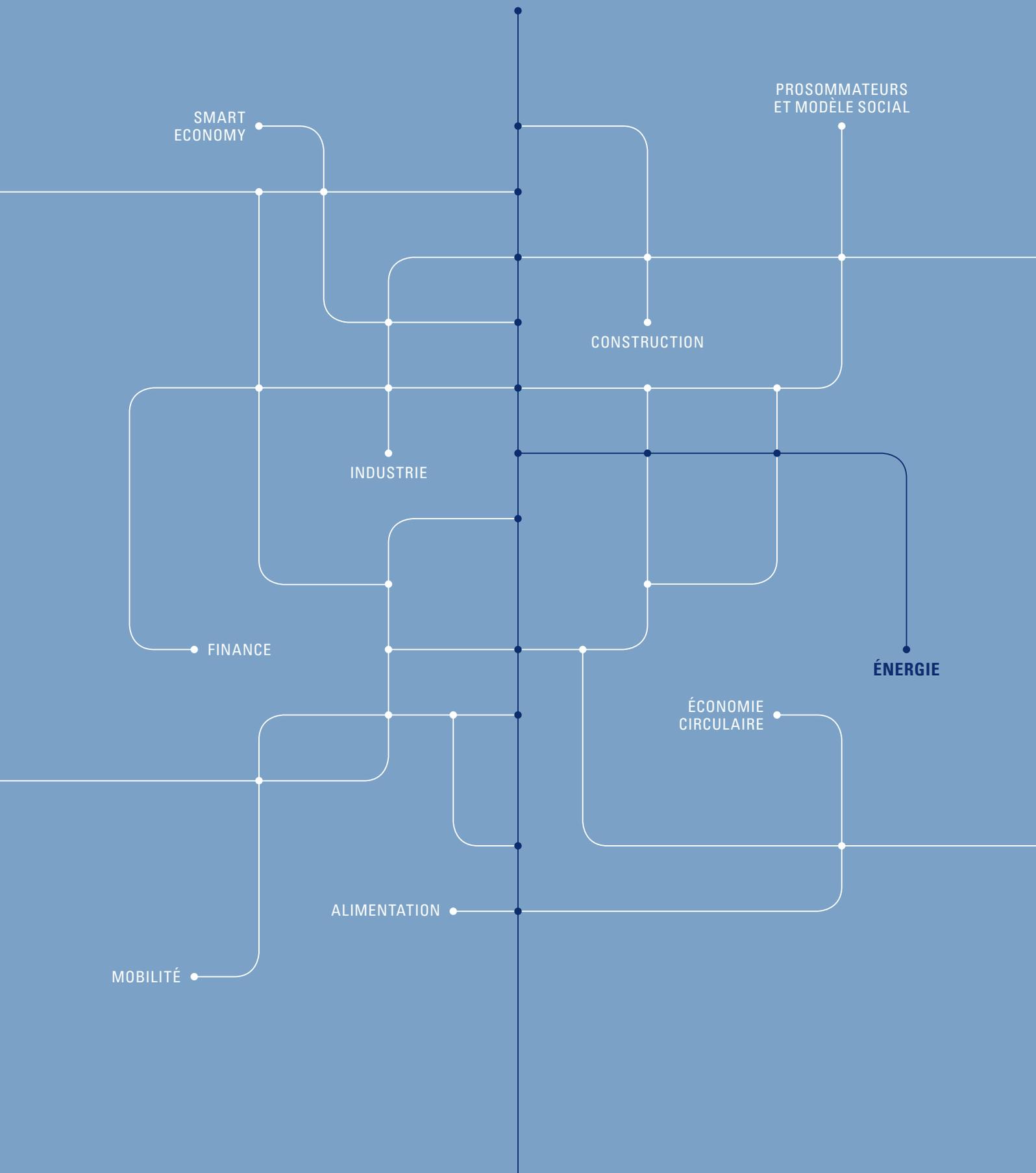
Dans l'ensemble, les investissements annuels liés à l'énergie dans le Scénario d'Innovation TIR sont constitués d'une part des améliorations de l'efficacité énergétique et des options d'énergies renouvelables d'autre part. Le volume de ces investissements est d'un peu moins de 100 millions d'euros en 2017 et augmente lentement pour atteindre environ 500 millions d'euros d'ici 2030. De là, les investissements diminuent à 377 millions en 2050, équivalent à un investissement annuel moyen de 420 millions dans les technologies liées à l'énergie renouvelable. La faible réduction des investissements annuels dans les années ultérieures s'explique par le fait que les améliorations de l'efficacité énergétique, moins coûteuses, commencent à accroître leur part de marché ainsi que leur pénétration sur le marché en 2030. Cela nécessite, à son tour, une contribution plus faible des investissements légèrement plus coûteux dans les ressources d'énergie renouvelable. Sur l'ensemble de la période 2017-2050, le cumul des investissements en efficacité énergétique et en énergie renouvelable s'élèvera à environ 14 milliards d'euros. Cela s'explique en partie par la diminution attendue des coûts d'énergie renouvelable au fil du temps. Toutefois, il faudra prévoir d'autres mises à niveau dans les technologies de l'information et autres infrastructures. L'ampleur de ces investissements dans les TIC et les infrastructures et plateformes connectées doit encore être modélisée et simulée plus en détail. Ces améliorations pourraient tripler approximativement l'ampleur des investissements suggérés aux seuls progrès liés à l'énergie. Alors qu'à ce jour il n'existe pas encore suffisamment d'informations détaillées pour fournir une estimation précise des investissements nécessaires pour les améliorations des infrastructures non liées à l'énergie, le recours à un certain nombre

de sources laisse suggérer que le montant des investissements TIR cumulés serait de l'ordre de 46 milliards d'euros. C'est environ l'équivalent du PIB annuel qui serait à investir pour moderniser les infrastructures, les équipements et les appareils au Luxembourg au cours des prochaines décennies à venir.

Néanmoins, le manque de données plus précises sur ces coûts afférents tels qu'ils pourraient être estimés pour le Luxembourg explique pourquoi l'étude stratégique TIR signale la nécessité d'établir de nouveaux critères de mesure applicables à la construction de l'infrastructure numérique de la Troisième Révolution Industrielle afin de faciliter les évaluations à venir. Il faudrait prévoir les moyens pour recueillir les données des projets pour étayer une nouvelle série de mesures. Les données et les métriques qui en résultent peuvent guider les prochaines étapes et aider à évaluer comment ces projets pourraient contribuer au bien-être social, économique et environnemental du Luxembourg, au-delà des investissements et des rendements initiaux liés à l'énergie. Il est donc essentiel d'élaborer une base de données sur les politiques ainsi que de nouvelles techniques analytiques qui permettent d'informer le pays au sujet du potentiel pour de plus nombreux résultats positifs au-delà d'une stratégie d'investissement axée sur l'énergie. Entre autres facteurs, la répartition des coûts et des avantages entre le gouvernement, les ménages et les entreprises doit encore être exploré.

Bien que les modèles économiques standards et les outils d'évaluation des mesures de stratégie politique ont été capables de suivre et d'évaluer de nombreuses tendances économiques de la Deuxième Révolution Industrielle, ils ne sont pas à même d'explorer complètement les résultats potentiels d'un Scénario d'Innovation TIR. Alors que le Luxembourg traque ces données en temps réel, il pourra faire des prévisions décisives sur le bien-être social, économique et environnemental futur, en s'appuyant sur l'expérience et les connaissances acquises tout au long du déploiement. Un point particulier à analyser pourrait être de documenter les coûts et les bénéfices d'une infrastructure numérique inter-opérationnelle. Ce suivi actif des critères de mesure de la Troisième Révolution Industrielle – toujours incluant l'efficacité globale, la productivité, les réductions de l'empreinte matérielle et carbone, et les coûts marginaux – permettra au Luxembourg de faire les ajustements nécessaires pour que les objectifs soient plus probables d'être atteints au cours des années suivantes.

# ÉNERGIE



# APERÇU ÉNERGIE

**2016**  
AUJOURD'HUI



## ÉTAT DES LIEUX

- ▶ Ancré en Europe et dans ses institutions
- ▶ Très petit
- ▶ Économie ouverte
- ▶ 45% de la force de travail est composée de transfrontaliers
- ▶ Le transport est le secteur clé de l'économie d'énergie

**x2** LA POPULATION  
POURRAIT  
POTENTIELLEMENT  
DOUBLER D'ICI 2050



## OPPORTUNITÉS



ÉOLIEN



SOLAIRE



BIOMASSE



GÉOTHERMIE

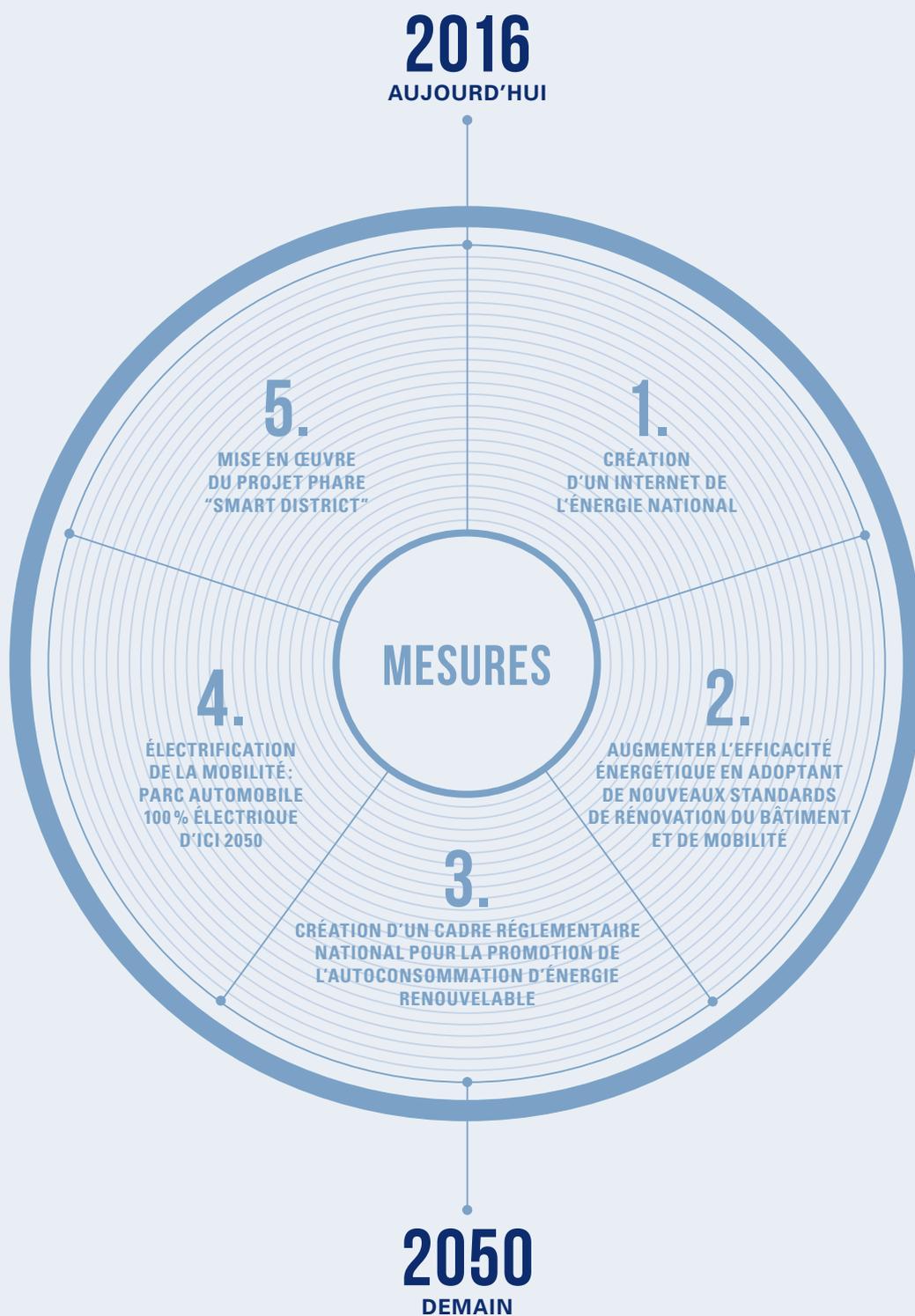


## VISION

- ▶ Le Luxembourg devrait exploiter le potentiel total d'efficacité énergétique qui peut être atteint par la rénovation du parc immobilier
- ▶ Le Luxembourg devrait trouver des alternatives moins polluantes dans le secteur des transports selon les accords de la COP 21
- ▶ Le Luxembourg devrait exploiter la totalité de son potentiel de production d'énergie renouvelable économiquement réalisable. Cela devrait couvrir jusqu'à 70% de sa consommation totale
- ▶ Les importations d'énergie resteront nécessaires mais diminueront en fonction de la part de l'énergie renouvelable produite au niveau national.

**2050**  
DEMAIN

# MESURES STRATÉGIQUES



## *Le récit de la troisième révolution industrielle*

*La majeure partie de l'énergie que nous utilisons pour chauffer ou climatiser nos maisons et faire fonctionner nos appareils, alimenter nos entreprises, conduire nos véhicules et opérer chaque partie de l'économie mondiale, sera bientôt générée à un coût marginal proche de zéro et sera presque gratuite dans les décennies à venir. Cela est déjà le cas pour quelques millions de pionniers dans l'Union européenne qui ont transformé leurs logements et leurs entreprises en microcentrales pour produire sur place l'énergie renouvelable.*

*Actuellement, 33% de l'électricité qui alimente l'Allemagne provient de l'énergie solaire, de l'énergie éolienne et d'autres énergies renouvelables, ce qui représente environ 15% de la consommation finale d'énergie. D'ici 2030, au moins 50% de l'électricité sera générée par des énergies renouvelables en Allemagne.*

*Le rythme accéléré du déploiement des énergies renouvelables est dû en grande partie au coût dégressif des technologies de l'énergie solaire et éolienne. La réduction des coûts fixes de ces technologies connaît des courbes exponentielles depuis plus de 20 ans. En 1977, le coût pour générer un seul watt d'électricité solaire était de 76 dollars et d'ici 2017 le coût sera tombé à 55 cents/Watt. Une fois les coûts fixes de l'installation solaire et éolienne amortis – souvent sur une*

*période de temps relativement courte entre 5 à 8 ans – le coût marginal de l'énergie produite est presque nul. Contrairement aux combustibles fossiles et à l'uranium pour l'énergie nucléaire, pour lesquels le produit de base est toujours associé à un coût, le soleil et le vent sont gratuits. Dans certaines régions d'Europe et d'Amérique, l'énergie solaire et l'énergie éolienne sont déjà moins chères que l'énergie générée par les combustibles fossiles ou par le nucléaire.*

*La période de préparation et d'intégration de l'Internet de l'Énergie Renouvelable ainsi que la production d'énergies renouvelables à un coût marginal proche de zéro permettra à chaque entreprise, quartier, et propriétaire de devenir producteur d'électricité et de partager ainsi son surplus avec d'autres, à la fois au niveau national qu'à travers l'Europe.*

*Les entreprises luxembourgeoises connectées à l'Internet de l'Énergie Renouvelable auront accès à l'électricité à un coût marginal proche de zéro pour la gestion, l'alimentation et le déplacement de leur activité à travers les chaînes de valeur. Cela permettra simultanément une augmentation de l'efficacité globale et de la productivité ainsi qu'une baisse toute aussi importante de leur empreinte écologique et du coût marginal de leurs activités commerciales.*

## 1 — ÉTATS DES LIEUX

Le Luxembourg est fermement ancré en Europe et dans ses institutions. Une grande partie de son économie dépend d'un accès libre aux autres nations de l'UE. Sa population pourrait presque doubler d'ici 2050, et par conséquent le nombre de maisons/appartements aussi. La nécessité de se doter de nouveaux immeubles présente une excellente opportunité de créer un parc immobilier plus durable. Le Luxembourg est aussi une économie très petite et très ouverte. Environ 45% de la force ouvrière du Luxembourg est aujourd'hui composée de travailleurs frontaliers venant de Belgique, de France et de l'Allemagne. Une grande partie de la consommation finale d'énergie est destinée au transport - et plus précisément au transport routier de marchandises en transit - aux travailleurs frontaliers et donc à l'exportation de carburant. Pour que sur le long terme, le transport devienne entièrement durable, une profonde décarbonisation du secteur des transports devra être menée.

<b>Statistiques énergétiques Luxembourg (2014)</b>	
Consommation finale d'énergie (- 9,4 % depuis 2005)	47 266 GWh
<b>Électricité</b>	
Consommation d'électricité	6 227 GWh
Production d'électricité	1 897 GWh
Production d'électricité à partir de SER (+/- 20 %)	369 GWh
Puissance installée	1.8 GW
Part de l'accumulation par pompage	1.3 GW
Part de la production au gaz naturel (cogénération gaz naturel, biomasse et déchets)	395 MW
Part photovoltaïque	110 MW
Part d'éolien	58 MW
Part hydroélectricité (petites centrales)	34 MW
Part vapeur	19.8 MW
Pointe de puissance demandée	1 014 MW
<b>Pétrole</b>	
Consommation de produits pétroliers	30 684 GWh
<b>Gaz naturel</b>	
Consommation de gaz naturel	7 016 GWh
Injection Biogaz	52 GWh
<b>Production de chaleur à partir de SER</b>	
	842 GWh
Importation totale d'énergie	96,1 %

Le Luxembourg et le TIR Consulting Group LLC se sont engagés dans une initiative de collaboration conçue pour transformer le pays en premier État de l'ère de la Troisième révolution industrielle intelligente et durable.

## 2 — VISION

Il subsiste un effort mondial pour réduire considérablement les émissions de CO<sub>2</sub> afin d'atténuer les effets du changement climatique. La décarbonisation, l'épuisement des énergies fossiles à moyen et à long terme, ainsi que les incertitudes géopolitiques requièrent une réduction de notre consommation et de notre dépendance aux combustibles fossiles ainsi que leur remplacement par des sources d'énergie renouvelables. Le système énergétique luxembourgeois futur devra donc être basé surtout sur des énergies renouvelables, organisées principalement en clusters d'énergie régionaux et autonomes, et soutenus à tous les niveaux par une infrastructure TIC intelligente. A l'horizon 2050, le mix énergétique devra être exempt du nucléaire et du charbon et en particulier ce sera l'énergie éolienne, l'énergie solaire, la biomasse et la géothermie qui joueront un rôle important. Une petite partie de sources énergétiques fossiles (tels que le pétrole et le gaz naturel) fera peut-être encore partie du système énergétique en 2050 plus particulièrement pour des raisons d'alimentation de secours et de transition.

La modélisation initiale réalisée par le TIR Consulting LLC et les discussions subséquentes avec le groupe de travail national révèlent que le Luxembourg possède le potentiel technique nécessaire pour produire toute son énergie au niveau national en utilisant l'énergie éolienne, solaire et d'autres énergies renouvelables. La réalisation de cet objectif dépendra largement des progrès technologiques qui ont permis de réduire considérablement les coûts fixes et les coûts de distribution de la production d'énergie éolienne, solaire et des autres énergies renouvelables; l'impact de la politique énergétique intégrée de l'Union européenne; l'augmentation (ajustée aux projections démographiques) de l'efficacité énergétique au Luxembourg ainsi que d'autres variables.

Aujourd'hui les technologies énergétiques renouvelables ayant atteint le plus haut degré de maturité, un prix abordable, et étant les plus évolutives, sont la technologie photovoltaïque et éolienne. Elles constituent les composantes principales du système énergétique du futur. La trajectoire de diffusion définie dans la modélisation pour le solaire (photovoltaïque) et l'éolien est autour de 200 MW, respectivement de 150 MW par an à partir de 2030. C'est un enjeu d'envergure qui exige une croissance de nouvelles installations plus forte que celle accourue ces 10 à 15 dernières années.

Etant donné qu'actuellement la conversion de l'électricité vers d'autres vecteurs énergétiques n'est pas toujours efficace, aussi bien du point de vue économique que du point de vue énergétique peu souhaitable, nous sommes confrontés à une électrification à grande échelle du système énergétique. Cette électrification, brièvement abordée ci-dessous, porte sur tous les aspects du système énergétique.

## SOURCES ET UTILISATION DES ÉNERGIES

- **Réduction importante de la consommation de l'énergie** par une efficacité énergétique accrue dans tous les secteurs.
- Utilisation de l'électricité pour des **activités de chauffage**. A travers l'utilisation de pompes à chaleur, la demande en énergie des bâtiments baissera considérablement et permettra ainsi aux nouveaux bâtiments de se rapprocher à une consommation énergétique quasi nulle. Ceci peut également être appliqué à la rénovation du parc immobilier existant.
- Le potentiel d'électrification de la **production de chaleur** industrielle dépend largement de la nature du processus et devra être évalué au cas par cas.
- Le secteur **national** de la **mobilité** s'appuiera essentiellement sur l'électricité alors que dans le court terme le GNC jouera un rôle de combustible de transition très limité. Le GNL, l'hydrogène, et éventuellement le biodiesel interviendront uniquement dans le transport de marchandise à longue distance et les biocarburants auront le potentiel pour jouer un rôle déterminant dans l'aviation.
- Le **gaz naturel** continuera à remplir un rôle de transition, plus spécifiquement lorsque la rénovation des bâtiments existants ne réussira pas à réduire suffisamment les besoins en chaleur de chauffage ou lorsque les particularités des processus industriels s'opposeront à l'électrification, mais il pourrait toutefois aussi être remplacé par une production d'énergie renouvelable centralisée ou distribuée s'appuyant sur la biomasse ou le biogaz.

## RESSOURCES & RÉSEAUX

- **Les clusters locaux et/ou régionaux d'énergie** deviendront plus importants afin de permettre de réduire la perte de réseau, accroître la résilience du système et créer des centrales virtuelles.
- L'électrification du système énergétique entraînera un besoin accru en **capacité de transport et de distribution**.
- Comme l'énergie éolienne et photovoltaïque sont essentiellement intermittentes, les **réseaux intelligents** seront nécessaires pour répondre de façon continue à l'offre et à la demande.
- Afin d'atténuer les intermittences et de se préparer aux effets saisonniers de la production et de la consommation d'énergie, des moyens **de stockage** ainsi que d'autres options de flexibilité, notamment au niveau de la demande, devraient être intégrés à différents niveaux du système énergétique.
- Dans les cas où la production décentralisée locale n'est pas la solution optimale, des **centrales de production centralisées (durables)** fourniront l'énergie (notamment l'électricité) et contribueront à la sécurité des approvisionnements en agissant comme système de secours.

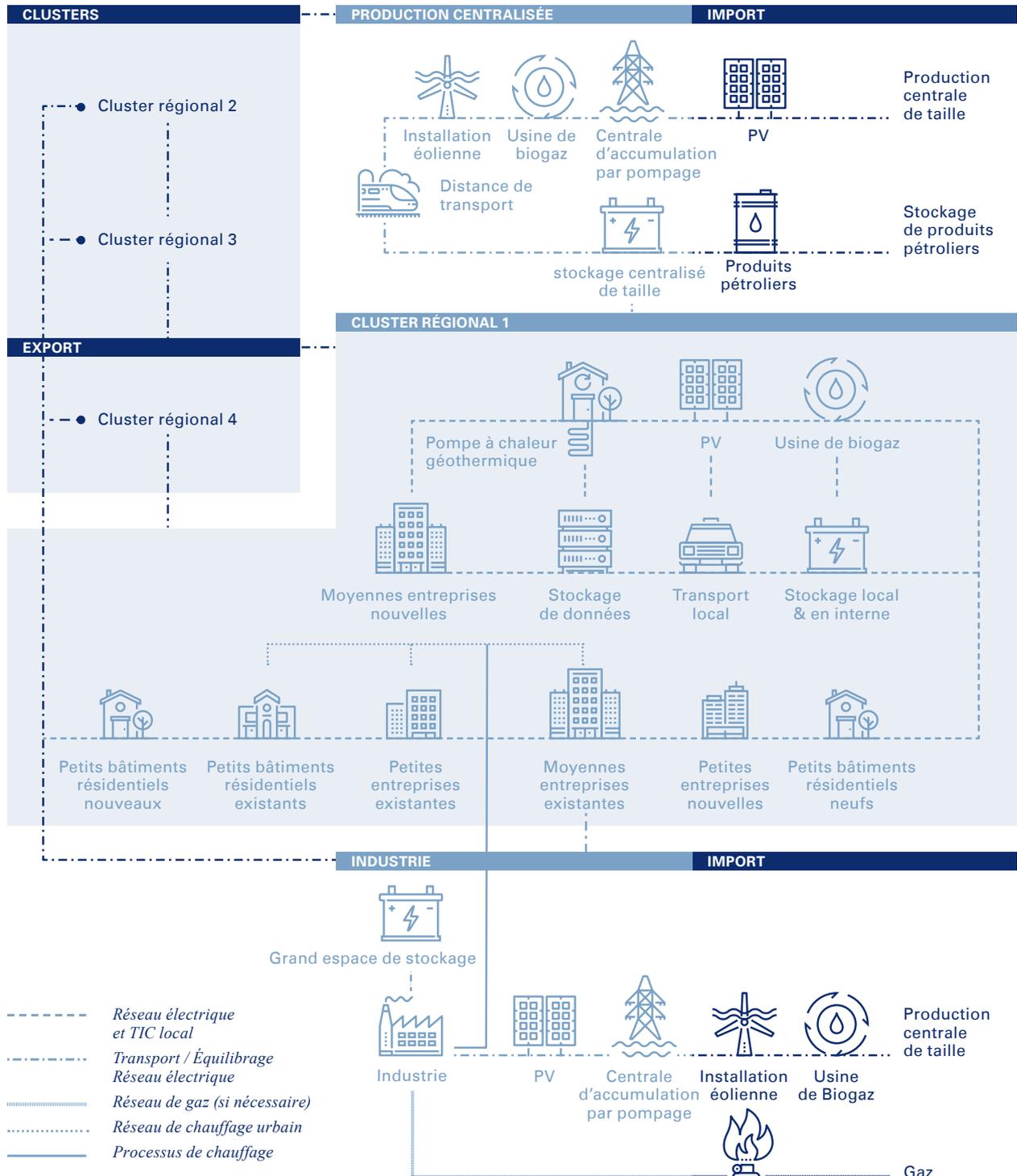
## LES MARCHÉS & LES SERVICES

- Les **marchés énergétiques européens intégrés** joueront un rôle central dans la gestion de la **sécurité des approvisionnements** du Luxembourg.
- Des solutions TIC innovantes constitueront la base d'une gestion flexible de la demande et contribueront à une flexibilité accrue du/des marché(s) énergétique(s).

## RÔLES & RESPONSABILITÉS

- En tant que **prosommateur**, le client jouera un rôle essentiel dans le système énergétique du futur.
- Des **agrégateurs qui accumuleront la flexibilité** fournie par les prosommateurs émergeront tout en assurant simultanément la flexibilité disponible, utilisée au bénéfice du système, et à la réduction de l'exposition du prosommateur aux risques inhérents liés à la participation au marché énergétique.

# REPRÉSENTATION SCHEMATIQUE DU SYSTÈME ÉNERGÉTIQUE 2050



Pour quantifier le passage de transformation vers le système énergétique envisagé pour 2050, les objectifs suivants pour 2025, 2040 et 2050 ont été identifiés :

<b>Statistiques énergétiques du Luxembourg (2014)</b>	<b>2025</b>	<b>2040</b>	<b>2050</b>
Taux de rénovation par an Conditions limites : une certaine quantité de ressources formées et atteindre un certain niveau d'industrialisation du processus de rénovation	3 %	3 %	3 %
Réduction de la demande d'énergie par habitant (sans exportations de pétrole) (par rapport à 2015)	-20 %	-35 %	-50 %
% de l'énergie renouvelable produite au niveau national relatif à la consommation nationale totale	15 %	30 %	50-100 %*
Importations d'énergie renouvelable	La part restante de la consommation nationale qui ne peut être couverte par la production nationale d'énergie renouvelable.		

\*100 % : A) SI RENTABLE ÉCONOMIQUEMENT, B) CERTAINS EXPERTS NATIONAUX IMPLIQUÉS DANS LE PROCESSUS DE CETTE ÉTUDE PENSENT QU'IL FAUDRAIT CIBLER 100% POUR ÊTRE EN LIGNE AVEC LES OBJECTIFS DE L'ACCORD DE LA COP 21

#### Les points suivants ont justifié la définition des objectifs ci-après :

- Le Luxembourg devrait exploiter le potentiel d'efficacité énergétique total qui peut être atteint par la rénovation du parc immobilier.
- Le Luxembourg devrait trouver des alternatives moins polluantes dans le secteur des transports conformément aux accords de la COP 21.
- Le Luxembourg devrait exploiter la totalité de son potentiel de production d'énergies renouvelables économiquement réalisable et couvrir jusqu'à 70 % de sa consommation totale.
- Les importations d'énergie resteront nécessaires mais décroîtront en fonction de la part des énergies renouvelables produites au niveau national.

### 3 — STRATEGIC MEASURES

Le Luxembourg devrait s'efforcer de disposer d'un approvisionnement énergétique entièrement durable d'ici 2050. Il devrait essayer d'y parvenir en adoptant et développant rapidement et intelligemment des innovations et en apprenant des expériences des précurseurs dans ce domaine. L'ambition ne devrait pas uniquement être celle de passer à un système énergétique complètement durable mais également d'utiliser cette transition pour construire une économie robuste avec moins d'énergie en combinant intelligemment les innovations techniques et le marché et créer un secteur SusTech analogue au secteur FinTech actuel – devenant ainsi un leader dans l'intégration et l'application de la technologie énergétique durable.

L'influence du Luxembourg sur l'évolution internationale de l'énergie est limitée vue la petite taille du pays. Les investissements, notamment dans les infrastructures, sont intenses en capital et effectués pour de longues périodes. La transition de l'Europe vers un système énergétique à zéro émission de carbone comporte encore un grand nombre d'inconnues. La solution optimale pour le Luxembourg dépendra des choix politiques internationaux et des développements technologiques qui, toutefois ne sont pas encore pleinement connus et par conséquent, une stratégie de « sans regrets » devrait être suivie. Un vaste et intense programme d'essais de terrain devrait être lancé pour identifier et mettre en œuvre le plus rapidement possible la stratégie « sans regrets » et permettant ainsi au Luxembourg de diriger les précurseurs.

Le tableau ci-dessous contient cinq projets clés de transformation « sans regrets » qui devraient aider le Luxembourg dans sa transition vers la première économie européenne sans carbone.

#### **A. MESURES TRANSVERSALES : CRÉATION D'UN INTERNET NATIONAL DE L'ÉNERGIE**

L'Internet de l'énergie se compose d'un réseau constitué de différents utilisateurs disposant d'une capacité de génération et de stockage offrant une gestion de la demande distribuée et coordonnée ainsi que des services énergétiques et constitue ainsi la base du développement de marchés intelligents et de nouveaux services et produits. Les réseaux énergétiques du Luxembourg devront être transformés en un Internet de l'énergie numérique et intelligent pour répondre au flux d'énergie produit par des milliers de microcentrales vertes. La reconfiguration du réseau électrique luxembourgeois dans un Internet de l'énergie génèrera de nouvelles opportunités d'emploi et donnera naissance à des entreprises start-up d'applications cleantech (technologies propres).

- Création d'une structure de gouvernance nationale « Smart Energy Platform » qui jouera un rôle clé dans la définition d'un plan d'action pour la mise en œuvre de l'Internet de l'énergie au Luxembourg ainsi que dans l'élaboration

des normes et des rôles des différentes parties prenantes. Les parties prenantes de la plateforme énergétique intelligente devront également donner la priorité aux investissements appropriés et initier des projets de démonstration pour faciliter une transition en douceur vers le paradigme de la Troisième Révolution Industrielle.

- **Création d'un Système National d'Information sur l'énergie:** Pour que le Luxembourg soit en mesure de prendre les meilleures décisions possibles et afin de pouvoir identifier à tout moment les options « sans regret » et à haut risque, une plateforme de suivi des données énergétiques, de modélisation et de visualisation, devrait être créée et agir comme système d'aide à la décision en ce qui concerne les choix de conception pour le système énergétique futur du Luxembourg et qui assure que ces décisions et leurs effets peuvent être efficacement communiqués à toutes les parties prenantes.

## **B. MESURES RÉGLEMENTAIRES : ACCROITRE L'EFFICACITÉ ÉNERGÉTIQUE PAR L'ÉLABORATION DE NOUVELLES NORMES DE CONSTRUCTION, DE RÉNOVATION ET DE MOBILITÉ**

Sur la base du certificat de performance énergétique le Luxembourg a défini un échéancier clair pour renforcer les exigences dans le domaine de la performance énergétique des immeubles résidentiels nouveaux et existants pour atteindre le standard du bâtiment à consommation énergétique quasi-nulle. L'outil national d'évaluation « Luxemburger Nachhaltigkeits-Zertifizierung für Wohngebäude » (LENOZ) facilite l'évaluation des principaux indicateurs de performance en ce qui concerne la durabilité des bâtiments. Sur la base de ces expériences et des développements internationaux, le Luxembourg devrait s'efforcer de mettre en place un ensemble innovant de normes supplémentaires concernant la réutilisation des matériaux (économie circulaire), la domotique, ainsi que les « smart neighborhoods » et les « smart districts » (quartiers intelligents).

- À l'instar des conclusions du pilier « Construction », le pilier « Énergie » recommande l'établissement d'une stratégie nationale pour définir les critères pour des bâtiments énergétiquement efficaces, intelligents, durables et à cycle circulaires ainsi que l'élaboration d'un certificat détaillé comprenant les différents indicateurs de performance. Ce rôle et cette responsabilité pourraient être attribués au « Conseil National de la Construction Durable (CNCD) », dont la vision est d'aider à élaborer un avenir plus durable et à assurer la compétitivité du secteur de la construction luxembourgeois par le développement de ses compétences dans le domaine de la construction durable.

### **C. MESURES RÉGLEMENTAIRES : CRÉATION D'UN CADRE RÉGLEMENTAIRE NATIONAL POUR PROMOUVOIR L'AUTOCONSOMMATION DE L'ÉNERGIE RENOUVELABLE**

Création d'un cadre réglementaire national pour permettre le développement de l'autoconsommation. Le Luxembourg a besoin d'une stratégie pour le développement des énergies renouvelables qui conduit à une élimination des obstacles juridiques à l'autoconsommation. Les procédures d'autorisation et d'intégration des réseaux doivent être simplifiées, les procédures de gestion des ressources terrestres devront être adaptées et les investissements dans les systèmes d'énergies renouvelables à moyen et à grande échelle devront être faits. À l'avenir, la production et la consommation d'énergie seront de plus en plus distribuées/décentralisées et l'autoproduction et l'autoconsommation transformeront les consommateurs en acteurs de la transition énergétique. Les consommateurs passifs d'énergie deviendront des consommateurs actifs de leur propre énergie verte et cette énergie pourra ensuite être utilisée hors réseau avec les équipements, stockée ou revendue à l'Internet de l'énergie.

### **D. MESURE TECHNIQUE : ÉLECTRIFICATION DE LA MOBILITÉ**

Le développement rapide de la mobilité propre basée sur l'électromobilité est une priorité absolue pour réduire considérablement les émissions. Le pilier « Mobilité » a formulé la vision d'un parc automobile 100 % électrique pour les voitures particulières et le transport public en 2050. Il faut retenir que le Luxembourg a récemment dévoilé un plan d'installation de 800 bornes de charge d'ici 2020, ce qui équivaut à 1 prise pour 20 voitures. Ces bornes de recharge publiques devraient être accompagnées par l'installation de bornes de recharge dans les bâtiments résidentiels et commerciaux. Toutefois, bien que le passage du parc automobile à des voitures électriques traite la question des émissions carbone, il ne résout pas le problème de l'accessibilité et des embouteillages. L'électromobilité doit donc être associée à des politiques de partage de voiture et de covoiturage et avec des technologies d'automatisation qui répondront de façon bien plus flexible à la demande de mobilité.

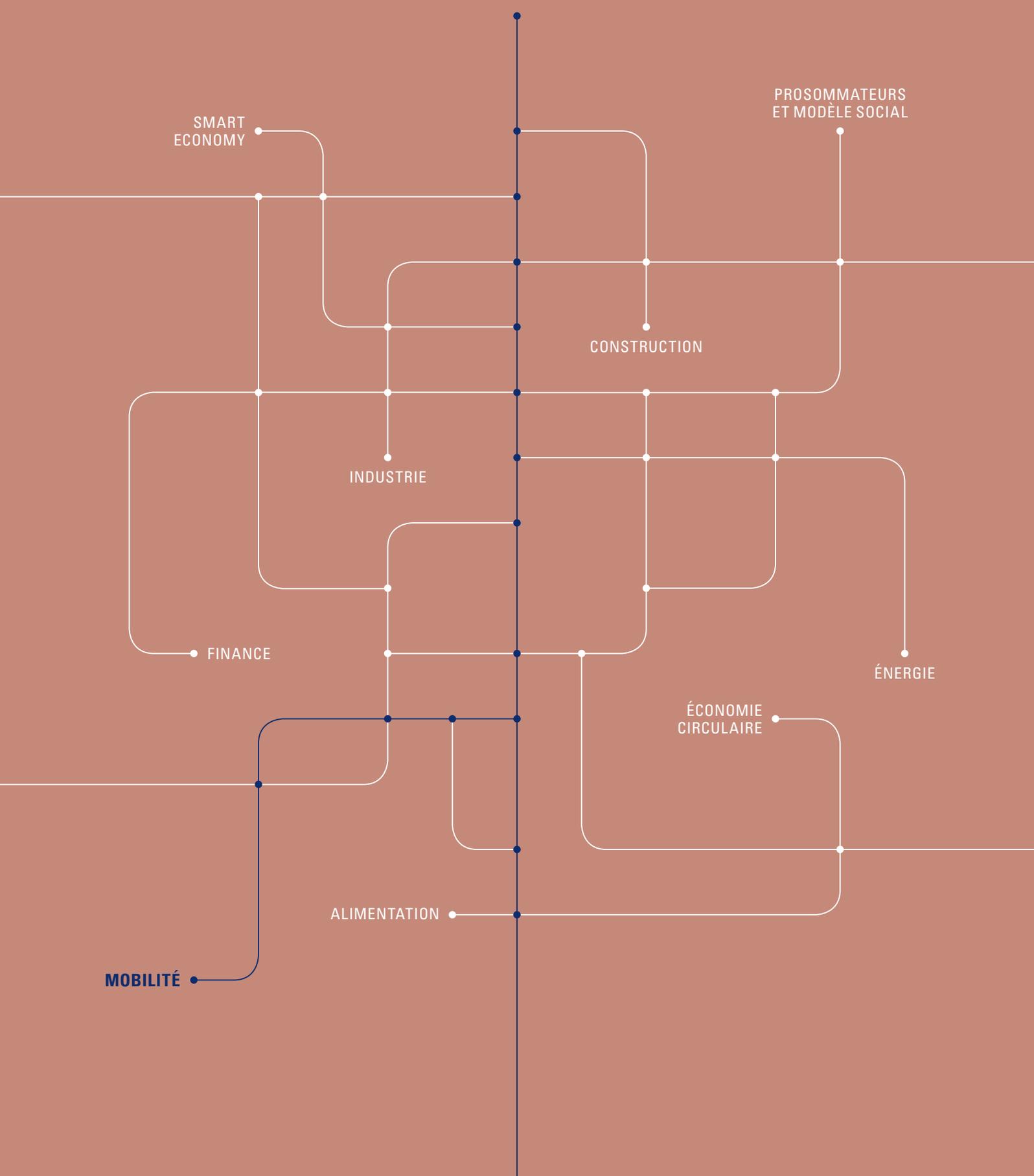
- Soutenir l'infrastructure de recharge bidirectionnelle pour les véhicules électriques. Étant donné la maturité actuelle et projetée, la disponibilité et l'appréhension des véhicules électrique, la création d'une infrastructure de recharge bidirectionnelle devrait être soutenue comme une option « sans regret ».

## **E. BUSINESS MODEL INNOVANT : METTRE EN ŒUVRE LES PROJETS PHARES « SMART DISTRICT »**

Développer et mettre en place un premier cluster de réseau de distribution expérimental intégrant les smart meters (compteurs intelligents), les smart homes (maisons intelligentes) ainsi que le smart grid. Ces microréseaux locaux et intelligents permettent l'échange de données et d'énergie parmi les différents prosommateurs visant une gestion intra-cluster efficace. Les projets phares ont besoin d'aspects techniques, d'un cadre réglementaire, de solutions d'investissement et des structures de gouvernance. Ces projets créent des possibilités d'apprentissage, des opportunités de tests spécifiques au contexte du Luxembourg et permettent ainsi de contribuer à une transformation réussie vers une infrastructure axée sur l'utilisateur et orienté vers la demande et ses services accompagnants.

- ▶ La Ville de Luxembourg compte participer au projet phare européen Horizon 2020 – « Smart Cities and Communities lighthouse projects » en collaboration avec deux autres villes de l'Union européenne

# MOBILITÉ



# APERÇU MOBILITÉ

**2016**  
AUJOURD'HUI



## ÉTAT DES LIEUX

- ▶ Le transport est la principale source de consommation d'énergie (61%) et des émissions responsables du réchauffement planétaire (64%): Luxembourg, 4<sup>ème</sup> pays le plus saturé de l'UE
- ▶ Répartition modale actuelle: transports publics (14,5%), mobilité active (13%), voitures individuelles (72,5%)
- ▶ Le plus grand nombre de véhicules/capita en Europe; 175 000 voyageurs frontaliers/jour (dont 86% voyagent en voiture)
- ▶ 75% des produits pétroliers vendus au Luxembourg sont consommés hors du pays
- ▶ Excellents savoir-faire et infrastructures TIC
- ▶ Un plan proactif de mobilité durable (MoDu); initiatives menées par les services publics



## OPPORTUNITÉS

- ▶ Technologies vertes
- ▶ Digitalisation
- ▶ Économie de Partage
- ▶ Mobilité active
- ▶ Nouvelles modalités de travail



« MOBILITY-AS-A-SERVICE »  
ET APPROCHE MULTIMODALE



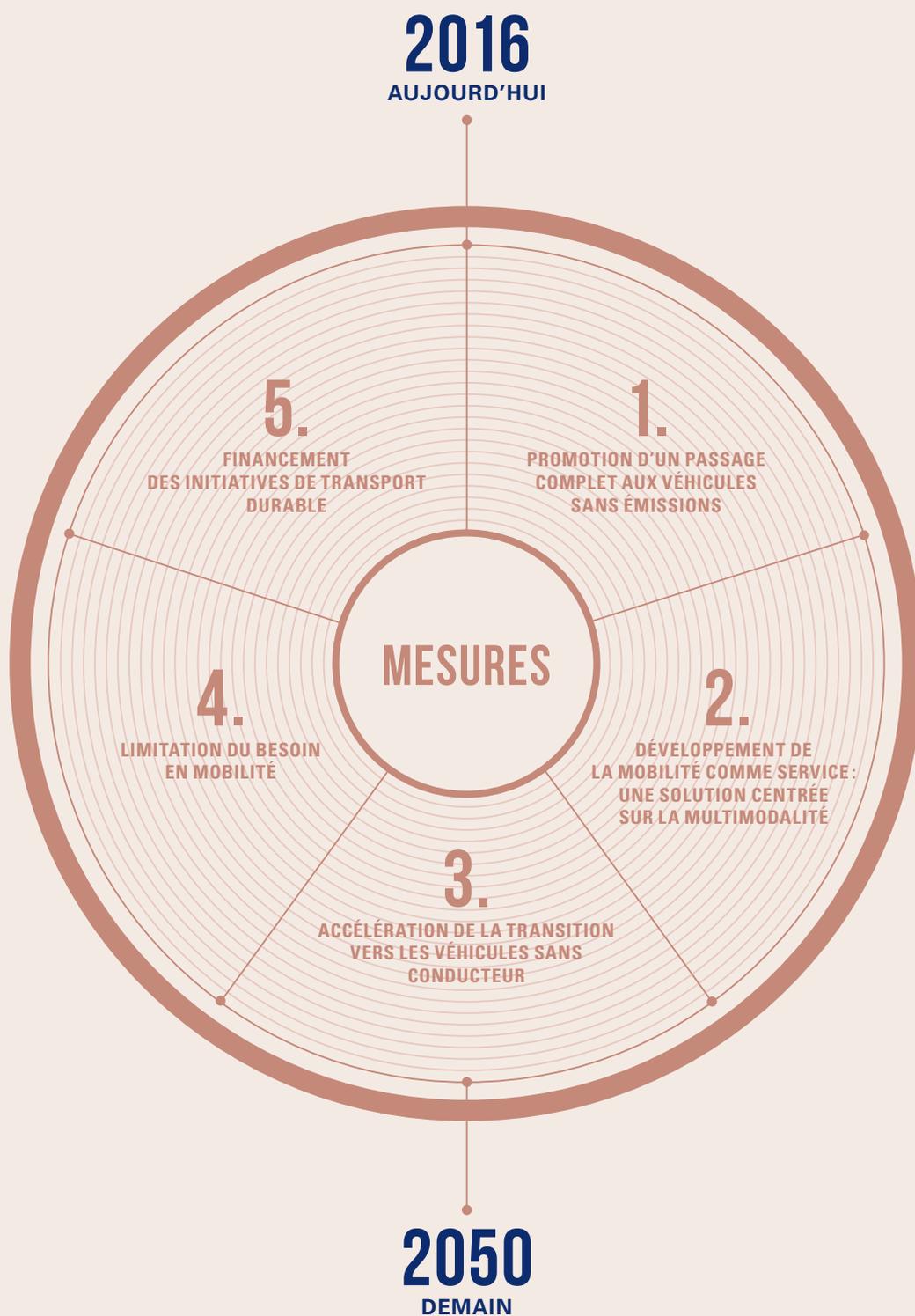
## VISION

**UN ÉCOSYSTÈME DE MOBILITÉ ET DE TRANSPORT INTELLIGENT, INTÉGRÉ, DURABLE ET RÉILIENT AU SERVICE DE LA SOCIÉTÉ ET DE L'ÉCONOMIE DU LUXEMBOURG**

- ▶ Changement de répartition modale: 30% de mobilité active, 40% de transports publics et 30% de voitures individuelles
- ▶ Mobilité zéro émission pour les voitures particulières, les transports publics et la logistique du dernier kilomètre

**2050**  
DEMAIN

# MESURES STRATÉGIQUES



## *Le récit de la troisième révolution industrielle*

*Le maillage de l'Internet de la Communication et de l'Internet de l'Énergie rend possible la construction et l'expansion de l'Internet des Transports et de la Logistique automatisés. La convergence de ces trois internets constitue le noyau de la plateforme de l'Internet des Objets pour gérer, alimenter et transporter des passagers et des biens dans une économie de Troisième Révolution Industrielle. Tout d'abord, des bornes de charge devront être installées partout sur le territoire, permettant non seulement aux voitures mais aussi aux bus et aux camions de s'alimenter ou de réinjecter de l'électricité au réseau.*

*Deuxièmement, des capteurs installés dans des terminaux aux abords des réseaux routiers ainsi que dans les véhicules fourniront des données en temps réel pour aider à gérer les flux de trafic, identifier les meilleurs itinéraires pour les véhicules automatisés, et fournir des informations aux usagers (informations relatives aux transports collectifs, partage de voiture et covoiturage, etc.). Sur les réseaux de logistique, ces capteurs permettront aux usines, entrepôts, grossistes, détaillants, et usagers finaux de disposer de données instantanées sur les flux logistiques qui affectent leur chaîne de valeur.*

*Troisièmement, le stockage et l'acheminement de tous les biens physiques devront être standardisés pour permettre leur dépôt dans tout centre (node) disponible et leur expédition par tout moyen présent sur l'Internet de la Mobilité de la même manière que l'information circule sans effort et efficacement sur la Toile mondiale.*

*Quatrièmement, tous les acteurs du réseau de transport public et des couloirs logistiques devront continuer leurs efforts pour opérer en synergie et de façon coordonnée. D'ici la fin 2017, tous les opérateurs de transport public offriront un système homogène de transport public basé sur l'interconnexion entre les différents modes de transport, avec un système tarifaire*

*et un document de voyage uniques ainsi qu'une coordination entre les services. Les opérateurs œuvrant dans les corridors de transport devront, à leur tour, continuer à se rassembler au sein de réseaux collaboratifs afin de faire apparaître toutes leurs ressources dans un espace de mobilité partagée et ainsi optimiser le trafic des voyageurs et l'expédition de marchandises en profitant des économies d'échelle latérales. Par exemple, les entrepôts et les centres de distribution pourraient créer des coopératives pour partager les espaces inutilisés, permettant aux transporteurs de déposer ou charger leur cargaison en utilisant le chemin le plus efficace vers leur destination. La plateforme de l'Internet des Objets fournira des données logistiques en temps réel sur les horaires de collecte et de livraison, les conditions météorologiques et les flux de trafic, ainsi que des informations en temps réel sur les capacités de stockage en entrepôt au Luxembourg. L'expédition automatisée utilisera le Big Data et des données analytiques pour créer des algorithmes et des applications assurant l'optimisation de l'efficacité globale le long des corridors de passagers et des routes de livraison. Ceci augmentera considérablement la productivité tout en réduisant nettement l'empreinte écologique et le coût marginal de chaque voyage et livraison.*

*Globalement, d'ici 2020-2025, au moins une partie du flux des passagers et des expéditions sur les routes, chemins de fer, voies navigables et couloirs aériens sera probablement effectuée par des moyens de transport automatisés électriques et à piles à combustible, alimentés par des énergies renouvelables à coût marginal proche de zéro et exploités au moyen de données analytiques et d'algorithmes de plus en plus sophistiqués. Le transport sans conducteur accélérera la productivité et réduira quasiment à zéro le coût de main-d'œuvre marginal pour le transport de personnes et de marchandises sur un Internet des Transports et de la Logistique intelligents et automatisés.*

# 1 — ÉTAT DES LIEUX

Le Grand-Duché de Luxembourg se situe au cœur d'une région transfrontalière intégrée. Cette position stratégique permet au pays d'être favorablement relié tant aux réseaux européens routiers, ferroviaires et aériens qu'aux voies navigables intérieures et d'être un point important d'intersection et d'interaction entre les passagers et les flux logistiques. Considérant une augmentation potentielle de la population à 1 million d'habitants et des passagers transfrontaliers à 320 000 d'ici 2046, la forte croissance économique et démographique du pays tend indéniablement à renforcer les pressions liées au transport et à la mobilité qui s'exercent sur l'économie et plus généralement sur la société.

Concernant l'infrastructure logistique, le Luxembourg fait preuve de solides atouts compétitifs. Il est actuellement classé au 2<sup>ème</sup> rang mondial selon l'indice de performance logistique de la Banque mondiale. Soutenues par le Cluster for Logistics et son rôle catalyseur, les infrastructures et les opérations très développées du Luxembourg permettront au pays d'accélérer sa transition pour devenir un pôle de transports et de logistique automatisé et digitalisé hautement efficace.

Toutefois, en dépit des initiatives gouvernementales encourageantes et d'un plan de Mobilité Durable (MoDu) proactif, le Luxembourg est confronté à un sérieux défi s'agissant de la mobilité. Selon Eurostat, le Luxembourg affiche le nombre le plus important de véhicules par personne en Europe avec 672 voitures particulières pour 1000 habitants, alors que la moyenne dans l'UE en 2013 est de 486 voitures particulières pour 1000 habitants. Une part importante de la circulation provient des 175 000 navetteurs frontaliers quotidiens, dont 86% se déplacent en voiture; le Luxembourg détient ainsi la deuxième place, en termes absolus, en matière de déplacements transfrontaliers dans l'UE. Cette situation génère de nombreux embouteillages et place le Luxembourg au 4<sup>ème</sup> rang des pays les plus saturés de l'UE. Une lacune majeure réside dans le manque de moyens de transport alternatifs attractifs. En effet, comme indiqué dans le MoDu 2012, l'utilisation des transports publics (14,5%) et la mobilité active (13%) sont faibles par rapport à l'utilisation de voitures individuelles (72,5%). La dépendance automobile est principalement due aux facteurs suivants: l'étalement urbain, l'absence d'aménagements urbains mixtes, la centralisation de la vie économique et la pénurie de réglementations nationales favorisant l'utilisation de moyens de transport propres. Vient s'ajouter à cette situation critique le fait que le Luxembourg offre l'un des carburants les moins taxés d'Europe, avec pour conséquence directe environ 75% des produits pétroliers vendus consommés hors du pays.

La question de la mobilité est fondamentale pour la définition d'un nouveau modèle économique durable puisque le transport représente la principale source de consommation d'énergie (61%) et des émissions responsables du réchauffement climatique au Grand-Duché (64%). Tel qu'il est organisé aujourd'hui, le système de mobilité fait preuve d'un certain nombre

d'inefficacités et d'inefficiencies. La première d'entre elles est le recours massif aux combustibles fossiles et ses effets négatifs sur la consommation d'énergie, la pollution et les émissions de GES. En deuxième lieu vient une dépendance trop forte aux voitures individuelles privées, qui ont un ratio d'occupation de seulement 1,1 passagers et qui sont la plupart du temps immobilisées, occupant ainsi un espace précieux dans les centres urbains saturés. Un autre facteur, qui est cependant typique de notre époque, provient du recours unique à l'homme pour la conduite et l'orientation. Enfin, les déplacements inutiles, conséquence de l'organisation sociétale de la Deuxième Révolution Industrielle centrée sur la voiture, représentent une autre source majeure à la fois d'inefficience et d'inefficacité. Fait important, la moitié des déplacements en voiture se font sur une distance inférieure à 5 kilomètres. Si l'on considère la durée totale de déplacement, la mobilité active – à savoir la marche et le vélo - serait plus rapide sur ces courtes distances et libérerait de surcroît de l'espace public tout en réduisant la consommation d'énergie. Il est un fait qu'au cours du dernier siècle l'occasion n'a pas été saisie de créer une infrastructure piétonnière et cyclable plus attrayante.

Dans ce contexte, le pays a accordé une grande priorité au développement de transports nouveaux, plus durables et moins polluants. Tout au long de son mandat parlementaire, le gouvernement aura investi 2,4 milliards d'euros en infrastructures et lancé la mise en œuvre de plusieurs éléments du MoDu. Parmi les principales initiatives menées par le gouvernement ou les municipalités, citons LuxTram - un tramway reliant toutes les grandes zones de la ville de Luxembourg - ainsi que la création de hubs multimodaux et de nouvelles gares ferroviaires aux abords de la capitale, une réorganisation du réseau régional de bus, le recours à des bus électriques hybrides rechargeables, l'adoption d'une nouvelle législation fiscale favorisant les voitures privées à émissions zéro et les véhicules de société à faibles émissions, la mise à disposition d'ici 2020 de 1600 points de rechargement publics pour les véhicules électriques, la création du projet national de télématique « mLive » pour les transports publics, l'aménagement de 13100 places de stationnement Park & Ride (P + R) supplémentaires, des initiatives de covoiturage telles que CARLOH à Luxembourg Ville, ainsi que la création de 700 km de pistes cyclables supplémentaires. Ces initiatives permettront d'améliorer considérablement la multimodalité dans un proche avenir et encourageront résidents et navetteurs à opter pour des modes de transport plus durables. La mise en œuvre du MoDu vise une augmentation substantielle de la part des transports publics (19%) et de la mobilité active (25%) dans la répartition modale d'ici à 2020. L'approche gouvernementale actuelle pose les fondements et le cadre appropriés pour la stratégie de transport et de mobilité de la Troisième Révolution Industrielle. L'enjeu réside ici dans le passage à un nouveau paradigme de transport qui s'appuie à la fois sur les technologies vertes et sur la digitalisation.

## 2 — VISION

*Un écosystème de mobilité et de transport intelligent, intégré, durable et résilient au bénéfice de la société et de l'économie du Luxembourg.*

Avec l'augmentation rapide du nombre de ses habitants et de sa population active d'ici 2050, le Luxembourg devra apporter des solutions pour répondre aux besoins accrus en transport et en mobilité qui s'ensuivent. La seule mise en œuvre de mesures incrémentales ne saurait guère suffire pour traiter cette question dont nous constatons déjà de multiples symptômes aujourd'hui: embouteillages, pollution, perte de productivité, impact sur la qualité de vie, etc. Un changement de paradigme est nécessaire, impliquant des mutations profondes et disruptives. Les technologies émergentes, associées à des énergies plus vertes et à la mise en place d'un écosystème de mobilité favorable, seront décisives pour révolutionner le système luxembourgeois de mobilité et de transport. Cette approche suppose la conjonction de plusieurs initiatives.

Le développement rapide de la **mobilité sans émissions** s'appuyant sur les véhicules électriques et la mobilité active est une priorité essentielle pour atteindre une réduction considérable des émissions. La vision pour le Luxembourg est d'avoir une flotte 100% électrique de voitures particulières et de transports publics d'ici 2050. De nouvelles mesures doivent être prises afin de favoriser le passage à l'électrique pour toutes les voitures particulières et les transports publics d'ici 2025, tout en surveillant l'évolution et la commercialisation de l'automobile électrique.

Cependant, bien que le passage à la mobilité électrique réponde aux problèmes d'émissions, il ne résout pas le problème de la saturation du trafic et de l'accessibilité aux transports. La mobilité électrique doit être jumelée à des systèmes de partage et de mutualisation ainsi qu'à des **technologies d'automatisation** qui aideront à répondre de manière beaucoup plus souple et multimodale aux demandes de déplacement. Un tel système, basé sur une structure de données de transport performante et complète, permettra le déploiement de systèmes de véhicules de transport rapides, automatisés et à la demande, aussi bien personnels que collectifs. Ce mode de transport flexible devrait gagner une part substantielle du trafic dans les 10 à 20 prochaines années, redéfinissant ainsi le transport et libérant un espace incitant à la mobilité active dans les centres urbains. Le transport automatisé constitue, avec l'Internet de la Communication et l'Internet de l'Énergie, le noyau de la plateforme de l'Internet des Objets. Les technologies d'automatisation et le développement d'un système de données de transport constitueront une forte source d'efficacité pour la logistique à travers notamment des déplacements optimisés de marchandises standardisées, la logistique inverse et l'acheminement sur le « dernier kilomètre ». Corrélativement, le système de transport doit faire preuve de résilience face aux perturbations extraordinaires des services, de courte ou de longue durée, provoquées par la cybercriminalité, le cyberterrorisme ou les catastrophes naturelles liées au changement climatique.

Un élément clé de la transition vers une mobilité durable est le développement d'une **offre multimodale riche** comprenant le partage de voiture, le covoiturage, les vélos et les transports publics ainsi que le développement de systèmes de transport innovants où la mobilité est vue comme un service. Toutes les solutions de transport doivent être regroupées dans un système complet de données pour afin d'offrir un service capable de satisfaire tant les besoins quotidiens des particuliers que les besoins logistiques. Ainsi, l'empreinte écologique et le coût marginal de chaque déplacement seront considérablement réduits. Ce nouveau concept nommé « **Mobility-as-a-Service** » (la mobilité en tant que service) nécessite des interventions spécifiques de soutien ainsi qu'une combinaison équilibrée de mesures incitatives et dissuasives visant à décourager les comportements de mobilité non durables et à promouvoir ceux qui le sont. De telles mesures permettent de réduire ce que l'on appelle le « coût de l'effort cognitif » dû au changement de comportement. Ceci est d'autant plus important dans un pays comme le Luxembourg où la culture de la voiture est très dominante.

Ainsi, l'augmentation des déplacements due à une forte croissance de la population et des navetteurs frontaliers (selon une extrapolation des tendances actuelles jusqu'en 2050) appelle un changement conséquent de la répartition modale. La ventilation suivante est ciblée (en pourcentage de déplacements quotidiens): 30 % de mobilité active, 40 % de transports publics - y compris les transports partagés - et 30 % de voitures individuelles.

Bien qu'une hausse des déplacements soit clairement envisagée, les besoins en transport ne doivent pas être considérés comme une donnée intangible. Un changement de paradigme redéfinit certes le système de transport mais transforme aussi la façon dont nous vivons en société. Dans cette approche holistique de la mobilité, un ensemble de solutions s'avère nécessaire pour contribuer à la construction d'un **écosystème de mobilité favorable** dans le pays. Ceci passe notamment par des schémas de travail flexibles et une planification urbaine intelligente, de manière à éviter des développements qui mènent à une dépendance aux voitures particulières, à l'étalement urbain, aux quartiers à usage unique et à la monopolisation des espaces publics. Cette approche souligne l'importance du passage de la mobilité contrainte à la mobilité « choisie ».

Dernier point, mais non le moindre, la création d'un fonds de mobilité durable contribuera à accélérer la transition en favorisant l'innovation et en développant une économie luxembourgeoise tournée vers la « mobilité du futur ». À l'avenir, le Grand-Duché renforcera son attractivité grâce à un écosystème de transport intelligent et intégré. Celui-ci constituera un laboratoire important pour la mobilité intelligente en s'appuyant sur sa position centrale, son excellente infrastructure et son savoir-faire en matière de TIC, ainsi que sur le secteur des équipements automobiles orienté vers l'innovation. À l'avenir, le Luxembourg offrira aux entreprises des conditions propices à leur développement grâce à un réseau national intelligent d'infrastructures et de services.

### 3 — MESURES STRATÉGIQUES

#### A. PROMOUVOIR UNE TRANSITION COMPLÈTE VERS LES VÉHICULES SANS ÉMISSIONS

De pair avec la mobilité active, le passage aux véhicules électriques est la clé d'une transition réussie vers une mobilité et un transport propres à un coût marginal proche de zéro. Le Luxembourg devrait s'appuyer sur sa taille, sa flexibilité ainsi que sa force, pour redéfinir rapidement le cadre réglementaire et promouvoir la nouvelle technologie de la mobilité électrique. Cette mesure viserait les voitures particulières électriques - privées et partagées -, les vélos électriques, la micro mobilité, les transports publics ainsi que la logistique du dernier kilomètre. Pour atteindre l'objectif d'un tel parc automobile à 100 % électrique à horizon 2050, il est recommandé que le Luxembourg adopte des mesures assurant que seules des voitures électriques puissent être nouvellement immatriculées à partir de 2025. Le tout sous le couvert des évolutions internationales en la matière. Des initiatives proactives devront impérativement être prises par le Luxembourg s'il souhaite surmonter les deux principaux obstacles entravant l'adoption des véhicules électriques (VE), à savoir le fort écart de prix d'achat par rapport aux véhicules conventionnels et les inquiétudes liées à l'autonomie.

- Il est estimé que les VE atteindront le même prix d'achat que les voitures conventionnelles dès le milieu des années 2020. Pour couvrir la période de transition et remédier dès aujourd'hui à la barrière des coûts des VE, des incitatifs importants devront être déployés. Des études montrent que les gouvernements de divers pays ont souvent mis en place des incitations progressives qui n'ont pas produit les résultats escomptés. Ainsi, il est recommandé de mettre en place **un nouveau système incitatif**, changeant réellement la donne et visant à compenser la différence de prix d'achat entre un VE et une voiture conventionnelle analogue. À court terme, de nouveaux instruments fiscaux taxant les véhicules polluants et favorisant les véhicules sans émission devront être mis en place selon l'approche bonus-malus (fiscalement neutre et sur le principe du pollueur-payeur). Ce système peut être complété par une taxe basée sur le degré d'utilisation, source de financement supplémentaire et outil efficace pour prendre en considération l'usage réel du véhicule.

Le développement d'une infrastructure de charge privée devrait également être encouragé pour développer le réseau intelligent. L'installation de panneaux photovoltaïques ayant une puissance équivalente au besoin en électricité du VE devrait aussi être encouragée aux abords des bornes de recharge.

- **Un programme d'infrastructure de charge rapide et intelligente** est recommandé. Pour parer à la question des réticences liées à l'autonomie des véhicules, il est essentiel d'installer **un réseau dense de bornes de charge bidirectionnelles** et de pré-équiper, dans la mesure du possible, tout **nouveau bâtiment** d'installations de recharge ou d'infrastructure propice à leur mise

en place. L'infrastructure publique de recharge comprenant 1600 bornes de recharge (3,7 - 22 kW) jusqu'en 2020 est un bon point de départ pour promouvoir la mobilité électrique et réduire la barrière liée à l'autonomie de la batterie. Toutefois, afin de permettre des voyages longue distance de véhicules électriques, une infrastructure de recharge rapide (> 50 kW) doit également être installée sur les autoroutes et le Luxembourg doit se préparer à de nouvelles technologies de recharge dynamiques et inductives.

Le rechargement des VE doit être intelligent. Cela signifie, entre autres, qu'il faut adopter des mesures pour éviter que tous les véhicules électriques soient rechargés en même temps. L'infrastructure de charge, de communication et de facturation doit être développée davantage et mise en place pour viser une recharge intelligente. Par ailleurs, le besoin grandissant de compensation et de stockage de l'électricité fluctuante produite par le photovoltaïque et l'éolien peut être en partie satisfait par des VE. Avec une charge bidirectionnelle, l'électricité stockée dans les batteries des VE soutiendra le réseau électrique pendant les périodes de pointe. Enfin, il est important d'augmenter le nombre de places de stationnement réservées et équipées de bornes de recharge; cela réduira les réticences liées à l'autonomie et constituera un avantage supplémentaire pour les utilisateurs de VE.

- **Un groupe de travail interdisciplinaire** public (MEC, MDDI, DSO, ILR) devrait être assisté par le secteur privé et le secteur de la recherche pour identifier les besoins en matière d'adaptation de la réglementation et élaborer des propositions afférentes. Les sujets à couvrir sont nombreux, tel que l'accessibilité standardisée des bornes de recharge, les obligations de pré-équipement des nouveaux bâtiments, l'énergie renvoyée au réseau, les nouveaux types de revenus et de modèles de gestion, la durabilité des batteries, etc. Si l'on veut s'assurer qu'à partir de 2025 seules des VE puissent être nouvellement immatriculés, il faudra prioritairement répondre aux besoins en infrastructure et s'atteler au travail réglementaire.
- **Une campagne d'information** devrait être menée pour d'une part faire face aux idées préconçues erronées - surtout en ce qui concerne le besoin de grande autonomie des véhicules - et d'autre part sensibiliser le public à la recharge intelligente.

Une approche différente est retenue pour le fret de très longue distance (au-dessus de 1000 km) pour lequel le rail représente un avantage économique durable. La logistique de longue distance mais inférieure à 1000 km, dont les besoins ne sont pas tous satisfaits par les solutions ferroviaires, pourrait bénéficier d'une coopération étroite avec les pays voisins autour de solutions basées sur les carburants alternatifs (Plateforme « Future Transport Fuels », voir sous le pilier Énergie). En effet, les principales questions relatives au transit ne peuvent être résolues qu'au niveau du Luxembourg.

## B. DÉVELOPPER LA MOBILITÉ COMME SERVICE : UNE SOLUTION CENTRÉE SUR LA MULTIMODALITÉ

« Mobility-as-a-Service » (la mobilité en tant que service) est une nouvelle approche où chaque trajet spécifique est proposé comme un service en fonction de l'usage propre, par opposition à la vente ponctuelle d'un véhicule détenu par un propriétaire. Ce concept est fortement lié à l'essor de l'économie de partage, où l'usage prévaut sur la propriété. Une **multimodalité renforcée**, où la voiture partagée et le covoiturage sont fortement encouragés, est au cœur de cette nouvelle équation de mobilité intégrée.

La solution Mobility-as-a-Service est rendue possible par la combinaison et la gestion de toutes les offres de services de transport et tous les besoins en déplacement sur une même plateforme digitalisée. Reposant sur l'actuelle plateforme [mobilitait.lu](http://mobilitait.lu), ce **point d'entrée unique sur la mobilité** doit être soutenu par un système solide de gestion des données multimodales en temps réel et prédictif capable de fournir aux usagers des solutions de transport sur mesure en fonction des besoins individuels. L'objectif est ici de permettre aux utilisateurs de profiter d'une expérience de déplacement intégrée et à la demande. Ce système, représenté par [mobilitait.lu](http://mobilitait.lu), constituera une pièce maîtresse de l'Internet de la Mobilité. L'information fournie visera tous les moyens de transport public mais aussi la disponibilité des Park and Ride (P + R) pour le transport en voiture privée, la disponibilité des vélos et des vélos électriques, les temps de marche, les options de covoiturage. Seront offerts des services de réservation et de paiement pour les usagers ainsi qu'une tarification dynamique du stationnement en fonction des heures creuses ou de pointe. À long terme, cela pourrait aussi servir de plateforme où les individus peuvent partager leurs voitures autonomes et ainsi générer des revenus. Ce système à entrée unique est une réponse à la multiplication des plateformes de partage qui font partie intégrante des nouvelles solutions de mobilité. Il devrait être mis en place en coopération avec toutes les parties prenantes du transport privé et public et les pays voisins dans une approche de « Grande Région » qui unifiera à terme la standardisation, la réglementation, les systèmes de billetterie, les réservations et les services dans toute l'Union européenne.

Un concept similaire se dessine dans le domaine de la logistique, où les véhicules privés et la gestion privée des chaînes logistiques auront tendance à être abandonnés au bénéfice d'une capacité de déplacement multimodal flexible et de réseaux collaboratifs. La multimodalité devrait être largement encouragée, telle qu'initiée par la réalisation de la plateforme logistique multimodale à Bettembourg. Un gain d'efficacité sera également atteint par l'utilisation optimisée des moyens de transport de passagers. Une telle solution flexible, hébergée sur une plateforme à entrée unique de type « **Transports-as-a-Service** » (transports comme service), sera gérée par des réseaux collaboratifs, avec la condition préalable d'unifier les réglementations, les normes et les services.

Compte tenu de la dépendance accrue à l'égard des données, le Luxembourg devrait aussi fournir un **programme solide de surveillance et de résilience**. Ce programme permettra de suivre les conditions de circulation à la fois pour les passagers et pour les flux de marchandises, la capacité de l'infrastructure et les demandes énergétiques. Il pourra être utilisé comme base de données pour modéliser des scénarios de prévision de perturbations massives du système susceptibles d'être provoquées par des événements d'envergure liés au changement climatique, la cybercriminalité ou le cyberterrorisme.

### C. ACCÉLÉRER LA TRANSITION VERS DES VÉHICULES SANS CONDUCTEUR

L'**automatisation des transports publics** est une composante essentielle de la création d'un Internet des Transports et de la Logistique automatisés pour le Grand-Duché de Luxembourg. Les transports publics sans conducteur réduiront à la fois le coût fixe et le coût marginal de la prestation de services de transport en commun et contribueront à étendre les services aux zones à faible demande et en dehors des heures de pointe. Cette innovation marque la conjonction de la mobilité électrique, automatisée, connectée et partagée. Les transports publics automatisés sont déjà techniquement viables et testés dans plusieurs villes. Le Luxembourg devrait se positionner comme premier pays à offrir un système de transport public automatisé dans l'Union européenne. Le lancement d'un **système de transport public autonome** (Système de transport personnel et collectif rapide), offrant des solutions flexibles, sur demande et, à terme de porte à porte est donc fortement recommandé avec, en phase de démarrage, des projets pilote dans certaines zones.

La création d'un **cluster pour les transports autonomes** préparera le Grand-Duché à l'avènement des véhicules autonomes sans conducteur. Les voitures particulières, les taxis, ou même les camions qui peuvent se repositionner par eux-mêmes sont une innovation révolutionnaire. Cependant, ils nécessitent une automatisation de niveau 5 et prendront plus de temps à apparaître que les transports publics autonomes. Le groupe de travail « smart mobility » dédié à la mobilité intelligente et rassemblant des acteurs publics et privés (MEC, MDDI, R&D, LuxInnovation, Cluster for Logistics), abordera différents aspects de l'automatisation : économiques (ex. : l'économie de partage), juridiques (ex. : les questions de protection des données liées à la conduite autonome), technologiques (les véhicules sont tous connectés les uns aux autres, à l'infrastructure et au Cloud par Internet), ainsi que la cybersécurité automobile. (Voir sous le pilier Smart Economy). La mise à jour de la réglementation pour tenir compte des véhicules sans conducteur est essentielle. Les lois et règlements doivent être adaptés pour permettre, au cours des dix prochaines années, d'étendre la technologie sans conducteur de petites navettes dans des zones choisies à des véhicules plus grands, plus rapides et libres de circuler dans des géographies

variées. Les réflexions du groupe de travail devraient également inclure le rôle prometteur de l'automatisation en matière de logistique, comme l'examen des possibilités régionales de *platooning* (camions conduits en peloton). Enfin, le potentiel des drones devrait être pleinement exploré. Le Luxembourg pourrait être un laboratoire pour les technologies relatives aux drones.

#### D. LIMITER LE BESOIN EN MOBILITÉ

La ville de Luxembourg concentre 40% de l'emploi du pays alors qu'elle ne représente que 18% de la population. Les déplacements ralentis deviennent une préoccupation majeure et les entreprises peinent déjà à attirer les talents des pays voisins en raison de l'augmentation des embouteillages lors des déplacements domicile-travail. Une planification urbaine et de transport intelligente favorisant des implantations denses et à usage mixte est une priorité critique pour réduire les distances parcourues. Cela présuppose une coopération étroite entre les autorités municipales et nationales afin d'intégrer la planification urbaine à la planification du transport et de la mobilité au niveau national. Le passage à une infrastructure de mobilité de Troisième Révolution Industrielle devra être assorti d'un **régime réglementaire** qui permette à toutes les facettes de la mobilité de fonctionner ensemble et sans difficultés. Un accent particulier est mis sur la promotion de la mobilité active grâce **au développement de zones sans voitures et d'espaces partagés** ainsi qu'à **l'introduction d'un réseau de pistes cyclables rapides**.

A l'avenir, la révolution digitale et les environnements de réalité augmentée et virtuelle découpleront de plus en plus l'activité professionnelle et l'espace de travail traditionnel. Le télétravail et les espaces de travail à distance vont limiter progressivement les demandes de mobilité à l'avenir. Ils devraient être pris en compte dans la planification à long terme des transports pour éviter un système sous-utilisé. Selon les chiffres du STATEC (2010), 7% des salariés au Luxembourg travaillent de leur domicile alors que  $\frac{3}{4}$  des salariés n'ont aucune flexibilité. Il conviendrait de créer un groupe de travail spécialisé avec pour mission l'élaboration d'une **nouvelle législation sur le télétravail**. Divers aspects devraient être traités, tels que les questions ayant trait aux avantages sociaux, à la confidentialité des données, à la sécurité, à la flexibilité des horaires, aux jours de travail aménagés ou encore à l'harmonisation fiscale régionale. La première étape à court terme pourrait être l'introduction d'un jour de télétravail par semaine pour tous les résidents luxembourgeois ayant des fonctions compatibles. Parallèlement, des **espaces de co-travail** devraient être développés dans les zones périphériques situées à proximité de pôles multimodaux pour davantage de flexibilité.

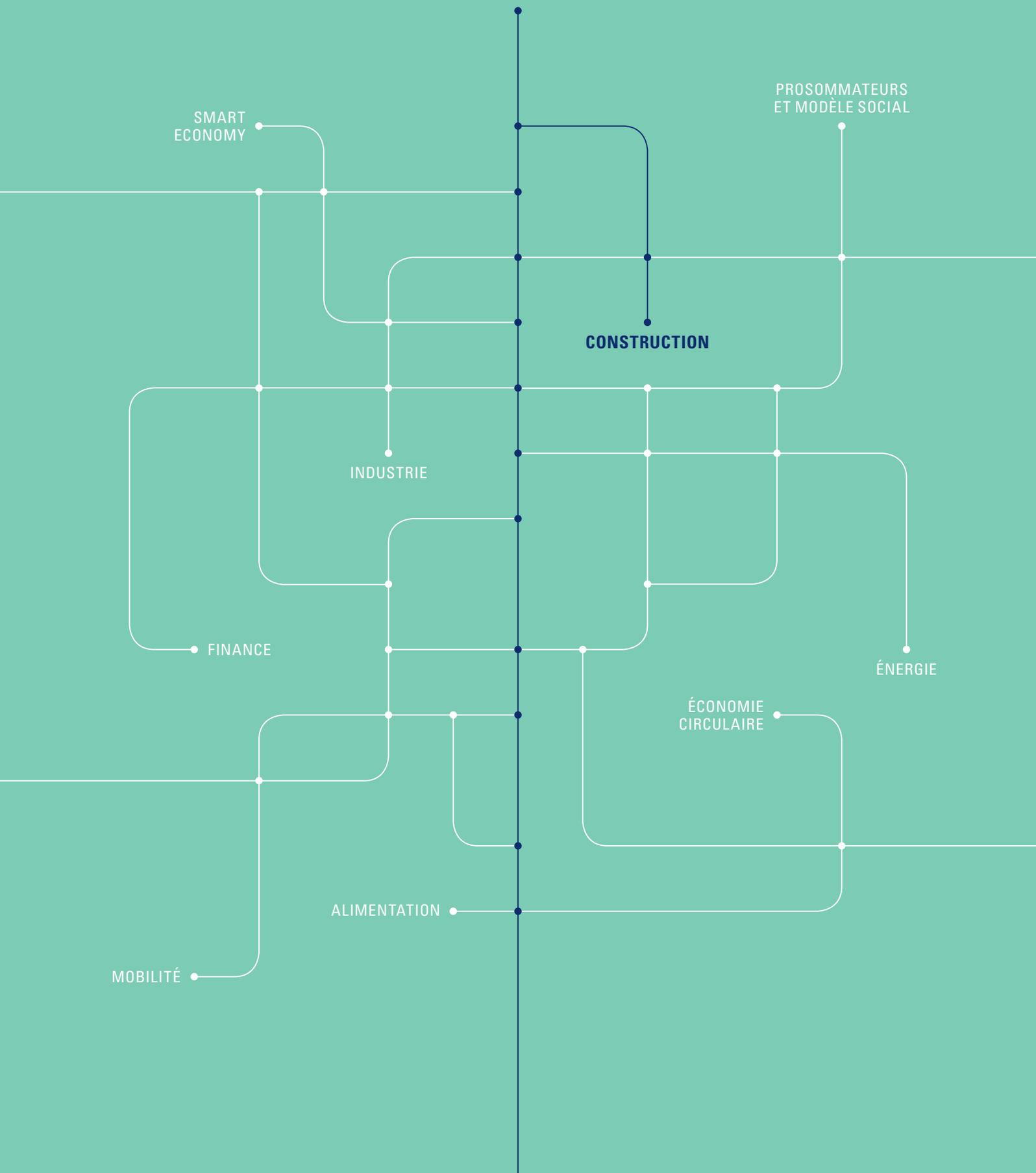
## E. FINANCER DES INITIATIVES DE TRANSPORT DURABLE

Une recommandation clé est la création d'un **Fonds de Mobilité Durable** destiné à faciliter l'élaboration de toutes les mesures susmentionnées. Ce fonds suivrait le principe de l'internalisation des externalités négatives et agirait comme un triple outil de financement :

- Financer des incitations spécifiques supplémentaires au profit des usagers (géré par le Ministère des Finances)
- Subventionner les projets innovants des municipalités visant le développement de la mobilité (géré par le Ministère du Développement durable et des Infrastructures).
- Contribuer au financement de start-ups et de projets innovants, y compris des essais et expérimentations pilotes sur le terrain, ainsi que des travaux de recherche et de développement (géré par le Ministère de l'Économie).

Au cours de la période transitoire vers une suppression progressive des carburants, il est recommandé qu'une partie substantielle des recettes de la taxe sur les carburants soit dédiée, en plus du fonds pour le climat, au financement spécifique de projets de mobilité durable. Un pourcentage des 2,7 milliards de litres de carburant vendus au Luxembourg pourrait être reversé au Fonds de Mobilité Durable. La somme affectée à ce fonds doit être considérée en tenant compte du coût des externalités négatives estimées à au moins 1 à 3% du PIB du pays. Des synergies potentielles seront recherchées avec la Plateforme de financement du développement durable du Luxembourg. (Voir sous le pilier Finance). Le Fonds de Mobilité Durable pourrait être créé à très court terme au Luxembourg.

# CONSTRUCTION



# APERÇU CONSTRUCTION

**2016**  
AUJOURD'HUI



## ÉTAT DES LIEUX

- ▶ Parc immobilier de 140 000 bâtiments résidentiels et 5 000 bâtiments commerciaux et industriels
- ▶ L'environnement bâti est responsable de 40% de la consommation énergétique totale et de 36% des émissions de CO<sub>2</sub> dans l'UE

Au Luxembourg,  
**82,9%**  
des bâtiments sont des maisons  
unifamiliales



## OPPORTUNITÉS



PRODUCTION  
D'ÉNERGIE VERTE



STOCKAGE  
D'ÉNERGIE



ÉOLIEN, SOLAIRE,  
GÉOTHERMIE ET  
BIOMASSE



ÉCONOMIE  
CIRCULAIRE

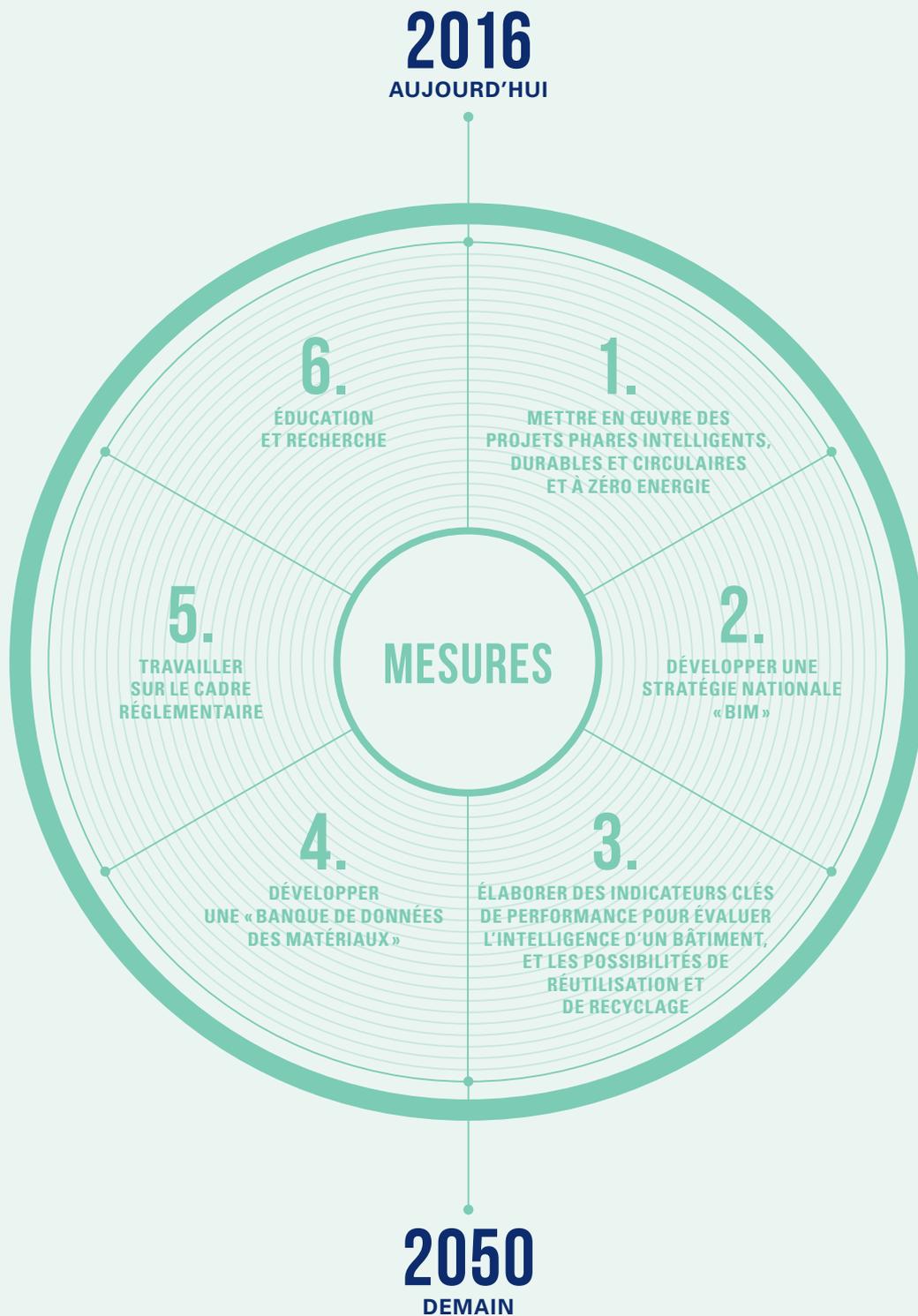


## VISION

- ▶ « Des bâtiments intelligents, durables et circulaires dans un quartier collectif et attrayant »
- ▶ Bâtiments zéro énergie ou à énergie positive
- ▶ Viser des bâtiments circulaires, où aucun déchet n'est généré dans le secteur de la construction
- ▶ Les bâtiments devraient devenir plus flexibles et multifonctionnels
- ▶ Assurer une qualité de vie élevée en fournissant un environnement sain et sûr.
- ▶ Développement de l'éducation et de la formation
- ▶ Privilégier un aménagement urbain attrayant avec des espaces publics dynamiques, de l'art et de la culture
- ▶ La rénovation est un prérequis essentiel

**2050**  
DEMAIN

# MESURES STRATÉGIQUES



## *Le récit de la troisième révolution industrielle*

*Pour impulser une Troisième Révolution Industrielle, le Luxembourg devra transformer son parc immobilier, de 140 000 bâtiments résidentiels et 5 000 bâtiments commerciaux et industriels ainsi que son infrastructure existante en bâtiments et réseaux intelligents et numériques à travers une plateforme « Internet des Objets ». Le pays pourrait faire face à un taux de croissance de la population, d'environ 560,000 personnes en 2015 à environ 1 million d'habitants en 2050. En effet, le Luxembourg est potentiellement la population à plus forte croissance de l'UE-28 jusqu'en 2050. En comparaison, la croissance démographique de l'UE n'augmentera que de 0,1 % par an au cours des années 2013 à 2050, alors que le Luxembourg pourrait augmenter de 1,8 % par an au cours de la même période. L'augmentation potentielle de la population pourrait offrir l'occasion de construire une nouvelle génération de quartiers et de bâtiments ainsi que l'infrastructure connexe.*

*Les bâtiments connectés à l'infrastructure de l'Internet des Objets joueront un rôle croissant dans la gestion des données, la production d'énergie verte, le stockage d'énergie. Ils serviront de centre de transport et de logistique pour gérer, alimenter et changer l'activité économique du pays vers un Luxembourg intelligent. Le déploiement d'une nouvelle génération de bâtiments et quartiers peut faire progresser l'efficacité globale, augmenter la productivité et réduire à la fois les coûts marginaux et l'empreinte écologique. Cela permettrait de faire du Luxembourg l'un des espaces commerciaux les plus compétitifs et écologiquement durables dans le monde.*

*Tout d'abord, les bâtiments devront subir de profondes rénovations, pour sceller leurs intérieurs, minimiser les pertes d'énergie et optimiser l'efficacité. Deuxièmement, la technologie intelligente de l'Internet des Objets devra être installée dans tout*

*l'espace intérieur et extérieur entourant les bâtiments. Potentiellement à l'intérieur d'un quartier, les bâtiments deviendront des pôles connectés à tous les autres bâtiments afin de permettre aux familles, aux entreprises et aux collectivités de surveiller les mega-données (Big Data) le long des chaînes de valeur et d'utiliser l'analytique pour créer des algorithmes et des applications qui peuvent augmenter leur efficacité globale. Troisièmement, les technologies d'exploitation des énergies renouvelables – énergie solaire, énergie éolienne, la géothermie et la biomasse - devront être installées dans et autour des sites résidentiels, commerciaux et industriels pour générer de l'électricité verte, de la chaleur et du froid pour une utilisation immédiate dans les bâtiments ou pour la revente au réseau d'électricité, de chauffage et de refroidissement. Les technologies de stockage de l'énergie, notamment les batteries, les piles à combustible à hydrogène et les réservoirs de stockage thermique, devront être installées aux côtés des technologies de stockage d'énergie renouvelable pour stocker l'énergie verte intermittente. Quatrièmement, les bornes de recharge pour véhicules électriques devront être installées dans ou à côté des bâtiments pour alimenter le transport électrique des passagers.*

*Le retour sur investissement dans l'efficacité énergétique et les économies d'énergie a lieu en relativement peu d'années, après lesquelles le propriétaire ou le locataire bénéficie pendant des décennies d'un flux d'économies fiable sur son coût énergétique. Des études montrent que les bâtiments éco-énergétiques rénovés qui servent de nodules numériques bénéficient d'une valeur marchande, de loyers, et d'un taux d'occupation plus élevés. Une étude type pour les bâtiments résidentiels en France montre une augmentation de 40% de la valeur marchande pour les bâtiments affichant une performance énergétique élevée.*

## 1 — ÉTAT DES LIEUX

Le secteur de la construction est un élément essentiel de l'étude de la « Troisième révolution industrielle » (TIR). L'environnement bâti est responsable de 40% de la consommation totale d'énergie et de 36% des émissions de CO<sub>2</sub> dans l'UE. La durée de vie d'un bâtiment est longue et les bâtiments jouent un rôle important dans notre économie que ce soit comme propriété ou investissement. En prenant en compte que la population luxembourgeoise pourrait presque doubler d'ici 2050, nous sommes face à une occasion importante de créer un parc national immobilier plus durable.

<b>Statistiques du bâtiment au Luxembourg</b>	
<b>Bâtiments résidentiels et semi-résidentiels</b>	<b>140.172</b>
Maisons unifamiliales	82,9 %
Immeubles d'habitation	10,9 %
Maisons semi-résidentielles	6,1 %
<b>Bâtiments non résidentiels</b>	<b>4.336</b>
Bâtiments à usages multiples	37,3 %
Immeubles commerciaux	21,5 %
Industriel et commercial	12,5 %
Bâtiments agricoles	10,9 %
Bâtiments administratifs	6,1 %
Autres bâtiments	11,7 %

SOURCE : [HTTP://WWW.STATISTIQUES.PUBLIC.LU/CATALOGUE-PUBLICATIONS/REGARDS/2015/PDF-06-2015.PDF](http://www.statistiques.public.lu/catalogue-publications/regards/2015/pdf-06-2015.pdf)

Près de la moitié du parc immobilier a été construit avant les années 1970 et 17,8% a été construit après les années 2000. Pour les maisons unifamiliales, 50,5% ont été construites avant 1970 et 12,9% au cours des 15 dernières années. Les blocs d'appartements gagnent en importance, et en termes de bâtiments résidentiels construits après 1995, la proportion d'appartements est plus grande que celle des maisons unifamiliales. La restauration ou la rénovation de bâtiments anciens est plus coûteuse que leur démolition. Environ 200 démolitions de bâtiments résidentiels et semi-résidentiels ont été enregistrées entre 2011 et 2013, dont la majorité étaient des maisons unifamiliales. Les bâtiments construits avant 1945 sont les plus communément démolis (69,1%) alors que les bâtiments construits après 1981 ne représentent que 2,2% des démolitions. Avec la Troisième Révolution Industrielle, le Luxembourg vise à préparer et à stimuler activement le processus de transformation du secteur de la construction. La convergence de l'Internet de la communication, de l'Internet de l'énergie renouvelable, ainsi que de l'Internet du transport automatisé et de la logistique, ajoutée à une infrastructure de l'Internet des Objets (IdO), permet de construire une nouvelle génération de bâtiments et d'infrastructures connexes. À l'avenir, les bâtiments permettront d'offrir un meilleur confort grâce à une conception et à une infrastructure efficace et intelligente ainsi que de gérer les besoins des occupants et offrir un environnement plus confortable grâce aux systèmes de technologie de l'information et de la communication.

## 2 — VISION

«**Des bâtiments intelligents, durable et circulaires dans un quartier collectif et attrayant**» est la vision définie par le Groupe de travail construction (GTC). Dans un quartier TIR, les bâtiments se rapprocheront d'une autosuffisance en énergie par une utilisation efficace de l'énergie, principalement l'énergie photovoltaïque. Les bâtiments seront à consommation d'énergie quasi nulle ou à énergie positive, optimisant l'équilibre de l'efficacité, par l'isolation de l'enveloppe du bâtiment, l'utilisation passive de l'énergie solaire aux fenêtres orientées sud, et par la génération d'électricité et de chaleur à partir de l'énergie solaire et des pompes à chaleur. L'approche du GTC est axée sur la construction et le développement urbain qui prend en considération non seulement la croissance économique et démographique du Luxembourg mais aussi la dimension humaine, qui accompagne le changement démographique. Le groupe a envisagé pour les bâtiments un lieu qui est plus axé sur les occupants et se situant dans un cadre urbain mixte et attrayant. La qualité de vie devient un élément essentiel dans le cadre de référence pour la construction des bâtiments du parc immobilier luxembourgeois du futur.

Les bâtiments seront intelligents en utilisant les technologies BIM (**Building information modeling / modélisation des données du bâtiment**) tout au long de la chaîne: depuis la conception, la construction et l'exploitation jusqu'au démontage et à la réutilisation des éléments et des matériaux. Cela vise la mise en place de nouveaux concepts appliquant les principes de l'économie circulaire qui permettra entre autres de supprimer les déchets générés dans le secteur de la construction puisque seuls les **matériaux circulaires et les éléments de structures réutilisables** sont utilisés. Les bâtiments, quoi que restant résidentiels devront néanmoins muter vers des bâtiments à caractère **flexible et multifonctionnel** permettant notamment le traitement et le stockage des données, la microproduction et le chargement des véhicules électriques.

Un autre élément clé, est la nécessité d'assurer à l'avenir une **qualité de vie élevée** en veillant à ce que les bâtiments aident à fournir **un environnement sain et sûr** pour les occupants. Le GTC souligne que la qualité de vie dépend au moins en partie des matériaux de construction. L'objectif général des bâtiments est aussi de protéger les occupants des intempéries, du bruit et de l'air pollué, et d'assurer un environnement sain qui est bien tempéré, qui laisse pénétrer la lumière du jour et l'air frais, et qui offre aussi suffisamment d'espace pour les personnes et les biens. En outre, les bâtiments fourniront une connexion favorable au monde extérieur par les TIC, tant pour le divertissement, l'information, la communication et l'éducation.

La **rénovation** est un **préalable indispensable** à la transformation de l'économie en une Troisième révolution industrielle de l'Internet des Objets. En ce qui concerne le parc immobilier existant, le groupe soutient la rénovation lorsqu'elle est économiquement intéressante par rapport à une démolition. Le GTC souligne que l'ancien et le neuf, l'historique et le futuriste doivent être combinés en tenant compte de l'aspect « humain » et en maintenant la « beauté » d'un bâtiment.

Un pas important pour accomplir la vision du GTC est le développement de **l'éducation et de la formation**. Les programmes d'éducation devraient inclure des cours sur la stratégie énergétique et sur les objectifs des villes ou quartiers intelligents.

Le concept urbain TIR donne la priorité à un **aménagement urbain attrayant** avec des espaces publics vivants, où l'art et la culture sont présents, le tout intégré à des solutions TIC et à une inter-connectivité numérique de pointe. L'objectif est de créer un sentiment de communauté qui favorise l'esprit coopératif et améliore la qualité de vie de tous les occupants.

Les différents domaines d'action pour la mise en œuvre de l'étude de la Troisième Révolution Industrielle dans le secteur du bâtiment sont repris ci-dessous.

**DOMAINES D'ACTION POUR LA MISE EN ŒUVRE DE L'ÉTUDE TIR  
DANS LE SECTEUR DE LA CONSTRUCTION****Les bâtiments en tant que structures physiques et fournisseurs d'infrastructure**

- Structure statique, façades et toits: isolation thermique et sonore, protection contre les intempéries, lumière naturelle, usage passif d'énergie solaire, génération d'énergie, éléments « éco-positifs », façade vers l'espace public, endroit destiné à la culture alimentaire
- Fournisseur d'infrastructures techniques: électricité, gaz, chaleur, froid, eau/production d'énergie/stockage thermique et électrique/climatisation
- Fournisseur d'infrastructure TIC: Câble LAN et réseau sans fil, stockage de données
- Construction d'un système TIC, solutions intelligentes pour la maison

**Les bâtiments comme éléments de propriété**

- Propriété
- Appartements loués: dilemme entre investisseur et locataire
- L'espace vital comme droit humain = question sociale
- Accessibilité de la propriété et de la location
- Rentabilité / attractivité des investissements pour les investisseurs
- Patrimoine pour la nouvelle génération

**Construction et déconstruction de bâtiments**

- Conception
- Planification
- Construction
- Exploitation
- Démontage
- Réutilisation d'éléments et de matériaux

### Les bâtiments comme lieux de vie confortables

- Espace suffisant pour les personnes et les biens
- Protection contre les températures inconfortables, le bruit, l'air pollué, la lumière du jour intense
- Assurer la sécurité et l'espace privé, séparant l'espace privé de l'espace public
- Fournir de la lumière, de l'eau, de la communication et des informations
- Soutien de l'élimination des eaux usées, des déchets, des matières usées et des marchandises

### Environnement (urbain) des bâtiments

Les quartiers comme écosystèmes fournissant des services clés :

- Mobilité (individuelle, publique,...)
- Vie sociale, espaces publics attrayants pour les loisirs, la culture, la récréation...
- Produits alimentaires, biens...
- Nature, soleil, eau, air pur,...
- Emplois
- Santé et soins (enfants, personnes âgées,...)
- Éducation (jardin d'enfants, écoles, université, formation professionnelle,...)

### Processus de transformation TIR

- Participation des parties prenantes
- Financement des investissements, rénovation
- Subventions, réglementation, législation
- Responsabilités publiques
- Comment introduire des innovations
- Gouvernance de la transformation
- Éducation

### 3 — MESURES STRATÉGIQUES

Les projets présentés ci-dessous ne représentent qu'un échantillon des mesures identifiées par l'équipe d'experts internationaux et le GTC. Les mesures présentées sont celles qui devraient prioritairement servir au Luxembourg dans sa transition vers la création d'un parc immobilier plus durable.

#### A. BUSINESS MODEL INNOVANT (1 : METTRE EN PLACE DES PROJETS PHARES POUR DÉMONTRER DES QUARTIERS INTELLIGENTS, DURABLES, CIRCULAIRES, ET À ZÉRO ÉNERGIE

La mise en œuvre de toutes les technologies TIR, dans un quartier ou une ville, liée entre les composants de chacun des trois infrastructures Internet – de la communication, de l'énergie et de la mobilité - et la plateforme IdO, permettra de fournir un laboratoire en temps réel pour la construction d'une nouvelle génération de bâtiments et les infrastructures connexes.

Dans un premier temps, nous proposons la mise en place d'un **projet phare** qui témoigne des solutions au niveau du quartier, intégrant les bâtiments intelligents, les réseaux intelligents (électricité, chauffage urbain, etc.), le stockage d'énergie, les véhicules électriques, l'infrastructure de recharge intelligente, les éléments durables et les éléments circulaires et en utilisant les dernières plateformes TIC. Au travers du projet phare, des solutions innovantes intégrées peuvent être testées et développées à plus grande échelle. Un grand nombre de bâtiments intelligents créera un quartier intelligent en augmentant ainsi les synergies et en réduisant les coûts. La mise en place d'un tel projet phare dans un quartier attrayant fournirait un modèle de transformation réussie.

- ▶ Le Luxembourg, avec deux autres grandes villes, a pour objectif de participer au projet européen Horizon 2020 – « Smart Cities and Communities lighthouse projects ».

#### B. BUSINESS MODEL INNOVANT (2) : INTRODUIRE LES CONCEPTS DURABLES DANS LE SECTEUR DE LA CONSTRUCTION

Afin d'améliorer le potentiel d'efficacité de la numérisation du secteur de la construction, il est recommandé que le Luxembourg établisse un système BIM (Modélisation des données du bâtiment) où tous les participants de la chaîne d'approvisionnement ont accès au même ensemble de données d'un bâtiment et ajoutent leurs résultats à cet ensemble de données, qui peut ensuite être directement utilisé par d'autres acteurs.

- ▶ L'effort doit être axé sur le développement de la **stratégie nationale BIM**, en collaboration avec toutes les parties prenantes du secteur de la construction afin d'assurer une grande acceptation du concept. Nous recommandons dans

un premier temps que le système BIM devienne obligatoire pour tous les bâtiments non résidentiels et que par la suite le processus soit étendu à tous les bâtiments résidentiels et privés.

Le Luxembourg devrait élaborer et appliquer des normes légales minimales pour la conception saine, la construction et le démontage. Le certificat de performance énergétique déjà existant (CPE) et l'outil d'évaluation national "Luxemburger Nachhaltigkeits-Zertifizierung für Wohngebäude" (LENOZ), évaluent l'efficacité énergétique et la durabilité des bâtiments. Il est toutefois essentiel d'élaborer un ensemble d'indicateurs de performance supplémentaires pour évaluer l'intelligence d'un bâtiment, la réutilisation et le recyclage. Sur base de tous les indicateurs, un **certificat TIR** complet devrait être développé incluant l'efficacité énergétique, la durabilité, les aspects de l'économie circulaire et l'intelligence.

De plus, une amélioration de l'efficacité ne peut être atteinte que si les éléments de construction et les matériaux sont réduits, réutilisés et recyclés après la fin de vie du bâtiment. Il est nécessaire de développer une «**banque de données des matériaux**», qui rassemble toutes les informations sur les différents matériaux (origine, volume, données environnementales, etc.) utilisés dans un bâtiment et cela de la phase de construction au démontage. Cela permettra des évaluations automatiques du cycle de vie des bâtiments pendant la phase de planification et l'optimisation de la conception basée sur l'évaluation des matériaux utilisés.

- Mettre en place une stratégie nationale pour définir des bâtiments intelligents, durables et circulaires ainsi qu'un processus de certification complet pour reconnaître la mise en œuvre de normes de construction intelligents, énergétiquement efficaces, durables, et circulaires. Cette responsabilité pourrait être donnée au Conseil National de la Construction Durable (CNCD), dont la mission est d'aider à façonner un avenir plus durable et garantir la compétitivité du secteur de la construction luxembourgeois par le biais du développement de ses compétences dans le domaine de la construction durable.

### C. QUESTIONS RÉGLEMENTAIRES

Travailler sur le cadre réglementaire en abolissant les lois dépassées et en se concentrant sur l'amélioration continue du cadre légal pour accélérer les innovations intelligentes dans le patrimoine bâti constitue une première étape importante pour stimuler la transition TIR.

La législation existante devrait être adaptée pour tenir compte des considérations ci-dessous :

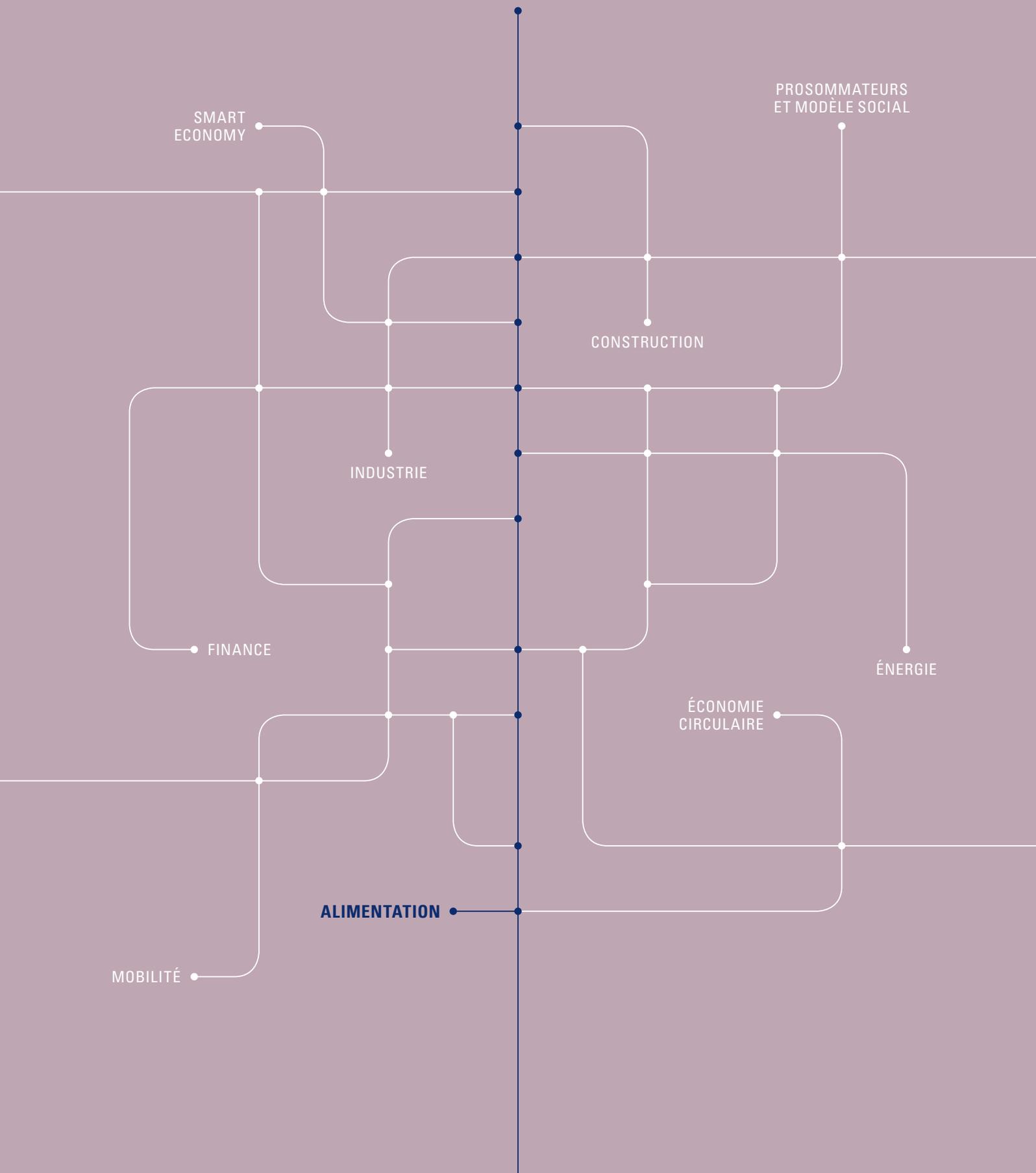
- Établir une législation stimulant la rénovation des bâtiments: la création d'une stratégie nationale à long terme pour mobiliser l'investissement dans la rénovation du parc national des bâtiments résidentiels et non résidentiels est un prérequis pour transformer le secteur de la construction. La stratégie nationale à long terme reprendra les éléments critiques de l'étude TIR. Une fois finalisée, le Luxembourg pourra commencer à mettre en œuvre un plan d'action pour la rénovation des bâtiments résidentiels. (en premier par des projets de démarrage et, dans un deuxième temps, par la rénovation complète des maisons / bâtiments).
- Légiférer sur la densité et la construction en hauteur adaptées au contexte urbain: l'aménagement territorial devrait être revu en mettant l'accent sur l'augmentation de la densité dans les milieux urbains adéquats. Ces aspects sont pris en compte dans le nouveau plan de logement sectoriel et définis dans l'annexe du programme « directeur d'Aménagement du territoire ». Avec la croissance démographique attendue, la conception des villes et des villages devra suivre un chemin différent pour réduire la consommation d'espace.
- Un concept de mobilité libérant davantage de lieux de vie et de réunion et qui est conforme aux conclusions du groupe de travail mobilité.
- Exigences relatives aux indicateurs clés de performance pour l'éco-conception et l'utilisation d'éco-matériaux dans une économie circulaire.
- Mesures visant à assurer une résilience élevée contre les catastrophes naturelles.

## D. ÉDUCATION

Une autre étape importante vers le processus de transformation TIR est le développement de **l'éducation et de la formation permanente**. Il est recommandé que des unités spécifiques sur l'efficacité énergétique, le caractère « intelligent », la durabilité et les aspects de l'économie circulaire soient intégrés dans les nouveaux programmes éducatifs à tous les niveaux d'instruction. Les changements à venir ainsi que les nouveaux modes de vie doivent être communiqués en permanence aux citoyens connectés de tout âge.

La numérisation améliorera également le processus de conception de la transformation des bâtiments et exige ainsi la mise en commun des compétences de toutes les disciplines universitaires. Le Luxembourg devrait également soutenir des **programmes de recherche** sur les matériaux durables, les éléments de construction, l'intégration de nouvelles fonctionnalités, le caractère réutilisable des éléments, etc. Il faudrait envisager de transformer l'Université du Luxembourg en un « laboratoire vivant » où diverses disciplines universitaires peuvent collaborer dans la recherche, le développement et le déploiement des concepts TIR.

# ALIMENTATION



# APERÇU ALIMENTATION

**2016**  
AUJOURD'HUI



## ÉTAT DES LIEUX

- ▶ 0,3% du PIB / Valeur Ajoutée Brute: 164 millions en 2002/80 millions en 2009
- ▶ 2 586 km<sup>2</sup> de paysages très variés
- ▶ 50% agricoles, 1/2 de prairies permanentes
- ▶ Moins de la moitié des terres agricoles sont la propriété des agriculteurs, loyers élevés, principalement des entreprises familiales de production laitière et bovine
- ▶ Ouvert aux marchés communs (UE/Mondial)
- ▶ L'agriculture doit se conformer à la Politique Agricole Commune de l'UE
- ▶ Défis de l'augmentation de la population mondiale et du changement climatique



## OPPORTUNITÉS

- ▶ Développer et installer son agriculture dans un marché de niche
- ▶ Devenir un modèle d'affaires pour les autres régions



- ▶ SECTEUR ALIMENTAIRE DURABLE (AGRICULTEURS, INDUSTRIE DE LA TRANSFORMATION, DISTRIBUTEURS, CONSOMMATEURS ET CITOYENS)
- ▶ ÉNERGIE RENOUVELABLE



## VISION

Un secteur alimentaire sûr, de haute qualité, transparent et durable

- ▶ Comment pouvons-nous nous nourrir durablement? En cultivant à l'image de la nature!

Faire du Luxembourg un pays

**100%**

agriculture biologique

**2050**  
DEMAIN

# MESURES STRATÉGIQUES



## *Le récit de la troisième révolution industrielle*

*La période de mise en place de l'infrastructure de l'Internet des Objets (IdO) pour une troisième révolution industrielle (TIR) annonce des gains énormes dans l'efficacité globale et la productivité pour les agriculteurs luxembourgeois, les transformateurs d'aliments, les grossistes et les distributeurs. Les agriculteurs utilisent déjà l'Internet des Objets émergent en se servant de capteurs pour observer les conditions météorologiques, les changements dans l'humidité du sol, la propagation du pollen, et d'autres facteurs qui ont une incidence sur les rendements. Des mécanismes de réponse automatisés sont en cours d'installation pour assurer de bonnes conditions de croissance.*

*L'Internet agricole s'étend au-delà de la récolte pour inclure la distribution de denrées alimentaires aux grossistes et aux détaillants. Des capteurs sont attachés aux cartons des légumes et des fruits en transit à la fois pour suivre leur localisation et pour sentir les produits prévenant de leur détérioration pour que les envois puissent être redirigés vers les distributeurs.*

*Au fur et à mesure que l'infrastructure IdO est mise en place, les agriculteurs, les transformateurs, les grossistes et les distributeurs au Luxembourg seront en mesure d'exploiter le Big Data passant par leurs chaînes de valeur. Ils pourront utiliser des analyses de plus en plus sophistiquées pour créer des algorithmes et des applications, leur permettant d'augmenter considérablement leur efficacité globale et leur productivité, et de réduire leur coût marginal et leur empreinte écologique dans la gestion, la manutention et le transport de nourriture, sortant ainsi l'industrie alimentaire de l'ère chimique vers une ère écologique gérée par une nouvelle interconnexion numérique intelligente.*

# 1 — ÉTAT DES LIEUX

Le secteur alimentaire est un consommateur important d'énergie au Luxembourg et dans l'Union européenne. La culture, la récolte, l'entreposage, la transformation, l'emballage et l'expédition de nourriture aux grossistes et aux détaillants, nécessitent des quantités massives d'énergie. Les engrais et les pesticides pétrochimiques représentent une part importante de la facture énergétique. L'exploitation des machines agricoles est également une dépense énergétique majeure. Au sein de l'UE, la culture et l'élevage utilisent le plus d'énergie dans la chaîne de valeur, constituant un tiers de la facture énergétique. Le traitement industriel du secteur alimentaire représente 26% de la consommation totale d'énergie, tandis que l'emballage et la logistique des aliments utilisent 22% de l'énergie totale dépensée. L'élimination définitive des déchets alimentaires représente environ 5% de la consommation totale d'énergie; les déchets alimentaires sont également en hausse, passant de 89 millions de tonnes en 2006 à 100 millions de tonnes en 2014 et ils devraient atteindre les 126 millions de tonnes d'ici 2020 au niveau de l'UE. Les produits alimentaires d'origine animale et les produits alimentaires raffinés nécessitent plus d'énergie que les fruits et légumes.

Lorsque les coûts énergétiques totaux de la production, de la distribution et du recyclage sont additionnés, la production agroalimentaire de l'Union européenne représente le chiffre important de 26% de la consommation énergétique annuelle totale de l'UE, en faisant ainsi un des contributeurs majeurs d'émissions des gaz à effet de serre. Le secteur de l'alimentation a un retard considérable sur d'autres secteurs commerciaux dans l'augmentation de la part des énergies renouvelables, avec seulement 7% de l'énergie totale consommée provenant de sources renouvelables, ce qui représente un net contraste avec les 15% du bouquet énergétique global. Sevrer le secteur alimentaire luxembourgeois de l'agriculture pétrochimique est un défi important.

Le Grand-Duché de Luxembourg s'étend sur 2.586 km<sup>2</sup> de paysages très diversifiés - au nord, les Ardennes Eifel (géologie volcanique: 300-550 m NN) et au sud, Bassin parisien (géologie des sédiments: 120 - 300 m NN). 1/3 est recouvert de forêts. 50% sont des terres agricoles dont 1/2 sont des pâturages permanents, soit 1/4 de la superficie totale. Le Luxembourg possède trois parcs naturels: *Uewersauer, Our, Müllerthal* et 66 zones *Natura 2000*. Ces zones couvrent une grande partie du territoire avec un fort potentiel de diversité biologique et d'agro-diversité. Moins de la moitié des terres agricoles appartiennent aux agriculteurs eux-mêmes. Cela rend la modification de l'utilisation du terrain difficile. De plus, des primes par hectare passent de manière indirecte aux propriétaires via des loyers plus élevés.

La contribution alimentaire et agricole du Luxembourg au PIB est d'environ 0,3%. La valeur ajoutée brute du secteur agricole a fortement fluctué au cours des deux dernières décennies, passant d'un pic de 164 millions d'euros en 2002

à un creux de 80 millions en 2009. Le lait (26,5%) et les plantes fourragères (28,4%) représentent plus de la moitié de la valeur totale du secteur agricole du Luxembourg.

L'activité agricole luxembourgeoise est entièrement ouverte au marché commun de l'UE, qui est à son tour de plus en plus ouvert au marché mondial, en raison de la libéralisation de la politique agricole commune. La dépendance à l'égard des marchés internationaux va sans aucun doute continuer à augmenter à l'avenir.

À l'échelle mondiale, les prix des produits agricoles sont faibles et souvent inférieurs au seuil de rentabilité des produits agricoles de base pour les exploitations moyennes au Luxembourg, (principalement viande, produits laitiers et céréales). On s'attend à ce que d'ici 2050 les rendements agricoles déclinent de 25% en raison du changement climatique, alors même que la population mondiale augmente, menant donc à 70% d'augmentation de la demande de produits alimentaires. Le scénario « sans crise » implique une croissance de + 95% dans la production alimentaire d'ici 2050. Ainsi, les prix de tous les produits agricoles augmenteront en raison de la pression de la demande alimentaire croissante.

En ce qui concerne le changement climatique, le secteur agricole luxembourgeois a été responsable à hauteur de 5,65% de l'ensemble des émissions de GES sur une année - soit environ 614.000 tonnes métriques (Mt) en 2012. Les émissions provenant des sols agricoles constituent la plus grande fraction (45,3%, 278.000 tonnes), suivie par la fermentation entérique (35,8%, 220.000 tonnes) et la gestion du fumier (18,9%, 116 000 tonnes). Les émissions équivalentes de CO<sub>2</sub> d'origine terrestre ont été réduites de 515.000 tonnes entre 1990 et 2012 par les activités LULUCF (foresterie), avec une réduction de 46.000 tonnes provenant des prairies sur la même période. Dans l'ensemble, les émissions agricoles ont diminué de 10,2%, malgré l'augmentation des émissions de 37.000 tonnes en raison de l'expansion des terres cultivées.

La valeur ajoutée de l'agriculture fait face à des difficultés en raison des conditions énoncées par la politique agricole commune (PAC) de l'Union européenne, qui fournit aux agriculteurs des Paiements directs dans le cadre de divers régimes de soutien. Selon le plus dernier Règlement européen n° 1307/2013, le plafond net du Luxembourg est fixé à 33,6 millions d'euros en 2015, avec une légère baisse à 33,4 millions d'euros d'ici à 2020. Outre le premier pilier, le deuxième pilier de la PAC, mis en œuvre par le Programme national de développement et par la nouvelle « Loi agricole » (Loi du 27 juin 2016 concernant le soutien au développement durable des zones rurales), prévoit presque 70 millions d'euros par an de financement d'aides à l'investissement et de partenariats pour l'innovation, principalement dans les secteurs de l'agroenvironnement et du climat.

Le Luxembourg est classé parmi les zones les moins favorisées ce qui implique que tous les agriculteurs reçoivent des paiements compensatoires annuels. Ce régime fait l'objet d'un processus de réforme alors que de nouvelles normes PAC en matière de géologie, de climat et du sol devront être évaluées et appliquées. Il n'est pas certain que ce statut puisse être conservé pour l'ensemble du territoire.

À l'heure actuelle, environ 10% des eaux souterraines sont distribuées comme eau potable; c'est-à-dire qu'environ 7.000 m<sup>3</sup> d'eau devront être traités ultérieurement afin d'éliminer la pollution de l'eau due aux activités agricoles laissant des traces de métabolites de produits phytosanitaires dans l'eau (méto-lachlore ESA, Métazachlore ESA). Le coût supplémentaire du traitement de l'eau à supporter par les consommateurs est estimé à 0,3 - 0,5 euros/m<sup>3</sup> ou à environ 1.000.000 euros/an (prix d'achat, construction de nouvelles infrastructures d'eau potable).

Les agriculteurs luxembourgeois reçoivent des primes annuelles d'environ 50.000 euros. Cette somme pourrait être convertie en un revenu de base, lorsque la ferme est conforme à des normes durables. Ceci est lié à la taille moyenne élevée de 64 ha/ferme, et au fait que les exploitations fermières sont principalement des entreprises familiales qui travaillent à temps plein dans la production de produits laitiers et de bœufs en pâturage.

Néanmoins, l'agriculture luxembourgeoise persistera tout en essayant de rester concurrentielle sur les marchés internationaux: le revenu net des fermiers est plus bas que les paiements compensatoires. Ceci est vrai pour les fermes conventionnelles et pour les fermes biologiques, à l'exception de la production de fruits, de légumes et de vins.

L'importation de produits alimentaires restera une nécessité à l'avenir et les initiatives telles que le *jardinage urbain*, la *permaculture* et les systèmes *Aquaponiques* sont très fortement encouragées.

## UN SECTEUR ALIMENTAIRE SÛR, DE HAUTE QUALITÉ, TRANSPARENT ET DURABLE.

*Comment pouvons-nous nous nourrir durablement? En cultivant à l'image de la nature!*

Le Luxembourg devrait **développer et établir son agriculture dans un marché niche**. Si l'ensemble du pays devient durable (biologique), chaque goutte de miel, chaque champignon, chaque pomme et chaque poire ainsi que le lait et le pain, seront exempts de contaminants. La qualité des eaux de surface et notre approvisionnement en eau potable s'amélioreront à long terme.

La transition vers une agriculture durable, biologique, et écologique devra se produire rapidement et sans heurts. Pour que cela se produise, nous aurons besoin d'infailibilité et d'indicateurs pratiques évaluant l'évolution à court, moyen et long terme vers la durabilité de chaque exploitation et de chaque industrie.

L'agriculture durable peut être définie et évaluée par les processus sous-jacents de production et les actions secondaires. Nous avons donc besoin d'un système complet et régulier (=annuel) comptabilisant la production alimentaire afin de mesurer les influences bénéfiques et les dommages potentiels de tous les flux des substances inhérents à la photosynthèse et aux actions humaines. Une agriculture durable devrait minimiser les pertes en nutriments, maximiser la production nette d'énergie solaire, maintenir ou améliorer la fertilité des sols, réduire au minimum les émissions de GES, maximiser la séquestration du carbone et optimiser la rentabilité. Pour atteindre ces objectifs, les agriculteurs et les jardiniers doivent maximiser l'efficacité biologique en intensifiant les processus naturels sous-jacents. Cette approche fondamentale d'analyse et d'évaluation évolue au Luxembourg depuis plus de 20 ans.

En ayant de l'expérience sur le marché intérieur et en ayant des gains de performance grâce aux énergies renouvelables dans la chaîne d'approvisionnement, le Luxembourg peut créer des opportunités d'affaires supplémentaires en exportant son modèle vers d'autres régions.

Outre l'utilisation accrue des cycles de vie naturels dans la production de denrées alimentaires, les agriculteurs continueront à investir dans le secteur des énergies renouvelables. Aujourd'hui, ils produisent déjà un pourcentage significatif de l'énergie renouvelable totale au Luxembourg par le biais de panneaux photovoltaïques sur les toits de leurs granges et écuries ainsi qu'au travers de leur dense réseau d'usines de production de biogaz alimentées principalement par du purin, des déchets alimentaires, et du maïs.

### 3 — MESURES STRATÉGIQUES

#### A. LE LUXEMBOURG DEVRAIT ACCÉLÉRER L'ÉCONOMIE À FAIBLE INTENSITÉ DE CARBONE ET LA TRANSITION ÉNERGÉTIQUE PAR LE DEPLOIEMENT DES ÉNERGIES RENOUVELABLES SUR LES TERRES AGRICOLES.

Changer le Luxembourg vers une transition énergétique est une option prometteuse. La nation dépend du pétrole et du gaz naturel importés, ainsi que d'un grand pourcentage en électricité importée. Pour la communauté agricole luxembourgeoise, introduire des technologies de récolte éolienne et solaire peut offrir une diversification de leur source de revenu. Ces revenus pourraient atténuer les conditions économiques difficiles auxquels bon nombre dans la communauté agricole a dû faire face depuis des années.

Le Luxembourg devrait continuer à soutenir les agriculteurs dans la création de **coopératives d'énergies** pour assurer l'expansion de la production d'énergie agricole (solaire, éolien et biogaz). La sécurité financière des systèmes de production d'énergie sur site permet également une plus grande souplesse dans l'élimination des contributions pétrochimiques par des pratiques écologiques et biologiques.

Une recommandation clé consiste à établir un partenariat public-privé entre les principaux organismes gouvernementaux, les industries et les instituts de recherche au niveau national et local pour développer la carte d'actions destinée à accélérer la transition vers plus d'énergies renouvelables dans le secteur alimentaire.

**L'agriculture luxembourgeoise peut servir de laboratoire de recherche pour le secteur alimentaire.** Le secteur agricole luxembourgeois présente les grands avantages d'avoir des instituts de recherche exceptionnels en matière de plastiques composites, ainsi que des sociétés leaders sur les matériaux composites. Un des domaines qui mériterait des recherches et analyses plus poussées est la détermination de la valeur ajoutée pour les agriculteurs d'investir dans la culture des matières premières et / ou de collecter un certain pourcentage de résidus pour les utiliser dans l'industrie des matériaux bioplastiques.

Les agriculteurs devraient également être à l'avant-garde de la **réduction des émissions de CO<sub>2</sub> et autres polluants jusqu'au niveau zéro**. Au Luxembourg les émissions de CO<sub>2</sub> par habitant sont deux fois plus élevées que la moyenne de l'UE.

Des **camionnettes électriques** deviennent disponibles, prêtes à aider les agriculteurs dans leurs besoins fréquents de mobilité, par exemple pour des allers retours de 20 à 30 km entre des magasins d'alimentation animale et d'équipement, pour les tâches dans les champs, pour des déplacements vers les élévateurs à grain, pour déplacer des charges, etc. L'excellent couple des

moteurs électriques serait un avantage pour déplacer le bétail ou pour tracter des remorques. Outre la réduction des combustibles et des émissions, les camionnettes électriques présentent d'autres avantages. Par exemple, des capteurs sont intégrés dans chaque moteur électrique pour contrôler le chargement de chaque couple. Il existe d'autres fonctionnalités de communication utilisant des capteurs et des contrôleurs capables d'effectuer un certain nombre d'autres ajustements et optimisations en temps réel. Les coûts du carburant peuvent être réduits d'un quart en utilisant les moteurs électriques pour remplacer les hydrauliques.

## **B. LE LUXEMBOURG DEVRAIT ÉTABLIR UNE FEUILLE DE ROUTE POUR UNE PRODUCTION ALIMENTAIRE DURABLE**

La transition vers une économie post-carbone pousse l'agriculture à établir une nouvelle ère de bonnes pratiques durables en optimisant l'ensemble des flux matériels et énergétiques sur chaque exploitation tout en réduisant considérablement les coûts écologiques et marginaux des opérations. **Cela peut positionner les produits agricoles luxembourgeois en tant que marque mondiale de premier plan, se démarquant par les soins, l'intendance et l'approche régénérative de l'agriculture. Le Luxembourg offrirait des produits sains, auxquels les citoyens peuvent faire confiance et qu'il privilégieraient.** Le label écologique justifiera le prix plus élevé des produits agricoles luxembourgeois.

Par ailleurs, le gouvernement luxembourgeois encourage fortement les innovations en matière de TIC grâce à des collaborations entre des centres de recherche de pointe et des entreprises - des innovations incluant le calcul haute performance (HPC), le Big Data Analytics, (BDA), la connectivité Internet haute vitesse, la visualisation informatique, la géo-informatique, les réseaux de capteurs blockchain sans fil intelligents, et plus. Tous ont une grande pertinence dans la conception, l'implantation, l'ingénierie, la construction, l'exploitation et l'utilisation de la technologie blockchain pour les transactions électriques et monétaires entre les agriculteurs, les sociétés de transport et les consommateurs.

La **technologie blockchain** est apparue comme un outil précieux de transaction et de suivi d'activité qui peut être appliqué tout au long de la chaîne de valeur afin de renforcer la confiance des consommateurs et la certitude que les produits alimentaires sont sains et répondent aux normes de sécurité. Les méthodes alimentaires et agricoles biologiques sont essentielles à la durabilité et à la santé d'une population sur le long terme. Le plus grand défi auquel font face ces méthodes agricoles décentralisées c'est qu'elles sont en concurrence avec de grandes agro-industries. La solution a été pour les agriculteurs de mettre en coopérative leurs efforts de marketing et de vente pour tenter d'accroître leur pouvoir de négociation. Cependant, il reste une difficulté

fondamentale parce que les grands acheteurs ne peuvent pas être assurés que la production venant de multiples producteurs soit de qualité uniforme. La blockchain offre une solution potentielle car elle peut être utilisée pour garder un suivi des références authentifiées des producteurs dans l'utilisation de pratiques agricoles durables qui réduisent considérablement l'empreinte écologique. Dans une blockchain, un agriculteur est incapable de modifier l'enregistrement fait par l'organisme employé à vérifier périodiquement la conformité aux normes requises. À mesure que la technologie bio-sensorielle progresse, ce processus d'authentification peut être de plus en plus automatisé et de plus en plus digne de confiance.

### **C. LE LUXEMBOURG DOIT ENCOURAGER DE NOUVELLES RELATIONS ENTRE CONSOMMATEURS ET PRODUCTEURS DANS LE CADRE DE L'AGRICULTURE SOUTENUE PAR LA COMMUNAUTÉ (ASC) ET PROMOUVOIR DE NOUVELLES HABITUDES DE CONSOMMATION DANS LE SECTEUR ALIMENTAIRE**

Le marché de produits biologiques a augmenté de 5 à 10 pour cent par an ces dernières années dans le pays, représentant environ 3% de la production agricole. Le Luxembourg aurait une des plus fortes consommations par habitant de produits biologiques dans le monde, bien que plus de 80% des produits biologiques soient importés. Nonobstant le plan d'action national et la politique menée par le Ministère de l'Agriculture, qui promeut la recherche sur les aliments biologiques, la sensibilisation, les programmes éducatifs, la formation et le soutien marketing, les agriculteurs du pays ne réagissent ou ne se convertissent pas au bio.

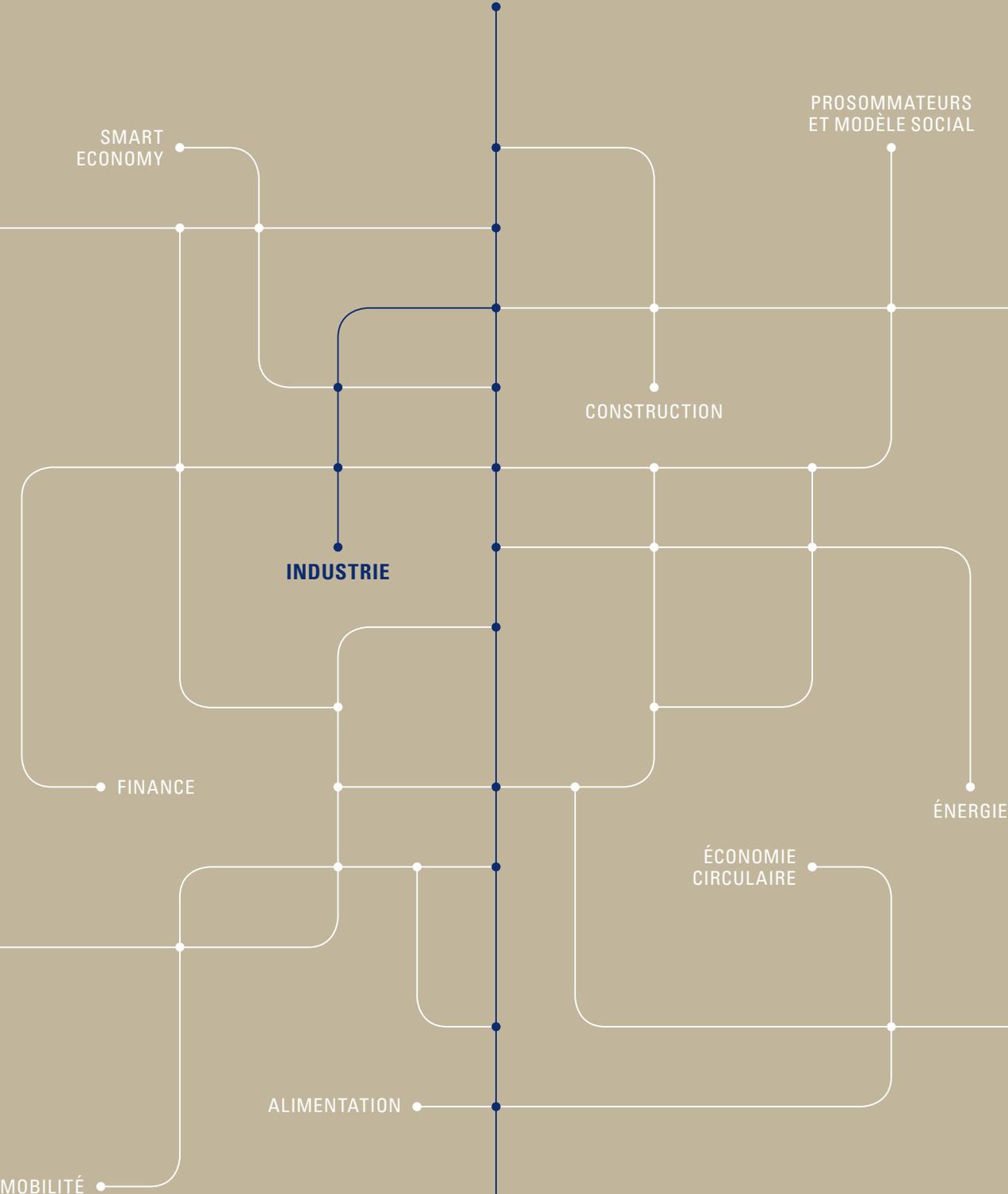
Il pourrait s'avérer utile de travailler avec les agriculteurs pour développer des méthodes d'élevage intelligentes, qui les aiderait à se mettre à la production animalière et aux récoltes durables tout en réduisant les besoins en énergies pétrochimiques (carburant, engrais et pesticides). **Le suivi des connaissances basées sur les TIC et les systèmes d'aide à la décision font partie intégrante du passage à une agriculture à faibles intrants.** Les applications basées sur les TIC et les plateformes alimentaires saines peuvent aussi servir à encourager davantage de citoyens à participer à l'Agriculture Soutenue par la Communauté. **Ce processus aiderait à convaincre les agriculteurs qu'une demande du marché existe pour des produits alimentaires sains, sûrs, et nourrissants. Le Luxembourg devrait mettre en place une plateforme de réseau d'innovation à quadruple hélice axée sur la création d'un système d'inventaire de tous les terrains intra-urbains capables d'être cultivés** ainsi que d'un inventaire des terrains qui pourraient nécessiter un assainissement avant d'être utilisés pour la production alimentaire. Un inventaire des terres disponibles est une première étape dans un processus d'information des citoyens des possibilités de s'engager dans le jardinage local et la production alimentaire.

**Les denrées alimentaires déperissent et sont gaspillées** dès leur sortie de la ferme, en particulier au niveau de la vente au détail et de la consommation. Des flux de déchets sont créés à tous les niveaux de la chaîne de valeur agro-alimentaire et il est important de les gérer de façon adéquate, afin de réduire l'impact du flux de déchets sur l'économie, la société et l'environnement. La stratégie des 3 R (réduction, réutilisation et recyclage) devrait être adoptée.

**Les jardins communautaires urbains et suburbains, présents tant dans les espaces publics que dans des lieux appartenant à des institutions et à des sociétés privées**, sont bien établis dans le monde. Selon des estimations, entre 15% et 20% de la production alimentaire mondiale totale est actuellement cultivée dans les villes et les communautés. Le Luxembourg pourrait se charger de cartographier via Internet les terres communautaires disponibles pour créer des jardins et de mettre cette plateforme ouverte à la disposition des citoyens voulant s'engager dans le jardinage. Étant donné que la productivité de l'agriculture urbaine et des techniques de culture des jardins est très variable, avec ou sans utilisation de pesticides, la plateforme Internet peut fournir des applications qui éduquent et engagent efficacement les citoyens sur la façon d'augmenter les rendements de production par des méthodes de production exclusivement biologiques.

**L'éducation à tous les âges offre un point de convergence précieux pour sensibiliser les jeunes au secteur alimentaire. C'est un phénomène social bien observé que les nouvelles entreprises start-up sont principalement constituées de jeunes entrepreneurs.** Acquérir de l'expérience dans l'art et la pratique du jardinage se classe parmi l'une des meilleures possibilités d'apprentissage appliquées, donnant naissance à un intérêt à vie pour la culture alimentaire saine, que ce soit à titre professionnel ou personnel.

# INDUSTRIE



# APERÇU INDUSTRIE

**2016**  
AUJOURD'HUI



## ÉTAT DES LIEUX

- ▶ Situation centrale en Europe
- ▶ Stabilité économique, sociale et politique
- ▶ Un bassin de travailleurs qualifiés et multilingues
- ▶ Le secteur industriel luxembourgeois a réussi à établir un ensemble sain de grandes et moyennes entreprises industrielles
- ▶ Dans une Troisième Révolution Industrielle numérisée, la notion même de ce qui constitue une industrie est en train de se métamorphoser



DÉMATÉRIALISATION



## OPPORTUNITÉS

**4.0**

Industrie 4.0:  
Solutions  
intelligentes  
pour l'avenir  
de l'industrie



- ▶ IMPRESSION 3D
- ▶ ROBOTIQUE
- ▶ CONCEPTION VIRTUELLE
- ▶ MATÉRIAUX ULTRA-LÉGERS
- ▶ RÉALITÉ AUGMENTÉE
- ▶ L'INTERNET DES OBJETS



## VISION

**LUXEMBOURG : UNE PLATEFORME  
INTERNATIONALEMENT RECONNUE  
POUR UNE EXCELLENCE INDUSTRIELLE DURABLE  
À TRAVERS DES SOLUTIONS INNOVANTES.**

**2050**  
DEMAIN

# MESURES STRATÉGIQUES



## *Le récit de la troisième révolution industrielle*

*Le Luxembourg accueille divers secteurs industriels, notamment la finance, la logistique, les produits chimiques, la biotechnologie, l'agriculture, l'acier, le verre, l'audiovisuel, l'artisanat et le tourisme. Le Luxembourg se classe au deuxième rang juste derrière l'Allemagne parmi les 28 États membres de l'UE dans le domaine de l'innovation des entreprises, faisant ainsi de sa culture des affaires une culture prête à mener l'UE dans l'économie numérique de demain.*

*Les collaborations interprofessionnelles, le développement de plateformes « open-source », la latéralisation des chaînes de valeur, la collaboration entre les entreprises traditionnelles et les start-ups dans l'économie du partage ainsi que les nouveaux modèles d'affaires distribués, guideront les secteurs industriels du Luxembourg dans la culture émergente de l'économie numérique. Chaque industrie sera chargée d'explorer de nouvelles façons d'utiliser l'Internet des Objets pour augmenter son efficacité globale, et sa productivité, et diminuer les coûts marginaux et réduire son empreinte écologique dans un Luxembourg durable et intelligent.*

*La construction de l'infrastructure de l'Internet des Objets de la Troisième Révolution Industrielle au Luxembourg nécessitera l'engagement actif de tous les secteurs industriels. Elle stimulera les innovations commerciales, favorisera les petites et les moyennes entreprises et emploiera des milliers de travailleurs au cours des trente-cinq prochaines années.*

*La tâche qui incombera au Luxembourg consistera à fournir des programmes de formation pour la main-d'œuvre existante et à développer des compétences adaptés aux besoins des étudiants entrant sur le marché du travail afin qu'ils puissent profiter des nouvelles opportunités d'affaires et des nouveaux emplois créés dans le contexte de la transition vers une Troisième Révolution Industrielle.*

# 1 — ÉTAT DES LIEUX

Le Grand-Duché de Luxembourg a une longue tradition industrielle. À la fin du XIX<sup>e</sup> siècle et tout au long du XX<sup>e</sup> siècle, la production de fer et d'acier a éclipsé toutes les autres formes d'activité économique et a représenté environ 80% en valeur, de toutes les formes de production. Toutefois, dans les années 70, la sidérurgie est entrée dans une période difficile. Malgré les défis auxquels le secteur industriel luxembourgeois a dû faire face, il a réussi, au cours des décennies suivantes, à établir un ensemble sain d'entreprises industrielles de grande et de moyenne taille. La diversification industrielle était et demeure un objectif permanent pour le pays et elle représente la seule voie réaliste pour maintenir une base industrielle vigoureuse capable de suivre l'évolution de la technologie et de la société. Cela n'aurait pas été possible sans un large éventail d'avantages qui ont contribué à faire du Luxembourg un territoire attrayant pour les processus de production industrielle. La situation centrale du pays en Europe, sa stabilité socio-politique et son bassin de travailleurs qualifiés et multilingues représentent un ensemble de qualités attrayantes qui ont aidé le Luxembourg à attirer des investissements directs étrangers et à établir des activités industrielles de plusieurs entreprises de classe mondiale.

De nos jours, le pays accueille un nombre important et diversifié d'entreprises industrielles. L'industrie sidérurgique reste un acteur clé de l'économie luxembourgeoise. En plus, le pays compte depuis longue date plusieurs autres acteurs industriels dans des domaines tels que le traitement et la fabrication de métaux et l'industrie chimique. Le Luxembourg accueille également des sociétés impliquées dans la fabrication de produits minéraux non métalliques, de produits en verre, de travail du bois et autres matières premières utilisées dans le secteur de la construction. L'industrie alimentaire et la fabrication de boissons et de tabac sont également d'importants acteurs historiques au Luxembourg.

La notion même de ce qui constitue une industrie se métamorphose avec l'introduction du paradigme de la Troisième Révolution Industrielle numérisée. Le passage à une infrastructure numérique apporte de nouveaux modèles d'affaires et pratiques commerciales qui font converger les produits et services dans une économie qui passe de la propriété conventionnelle à l'accès non traditionnel des services dans les réseaux. Le passage à une infrastructure numérique entraînera non seulement de nouvelles pratiques commerciales, mais aussi d'importants défis.

La convergence de l'Internet de la communication, de l'Internet de l'énergie renouvelable numérisé et de l'Internet automatisé du transport et de la logistique, le tout lié par la plateforme de l'Internet des Objets créera un changement de paradigme pour les industries luxembourgeoises. D'énormes possibilités s'offriront à l'avenir, permettant aux divers intervenants d'accroître considérablement leur productivité et de réduire leur empreinte écologique et le coût marginal de la gestion, de l'alimentation et du déplacement de l'activité économique à travers leurs chaînes de valeur. L'industrie 4.0, l'impression 3D, la conception

virtuelle, les robots qui apprennent sur le terrain et les environnements de réalité augmentée bénéficieront à tous les secteurs industriels clés du Luxembourg. La fabrication d'additifs et l'impression 3D à grande échelle révèlent la valeur potentielle importante à acquérir dans un grand nombre de sites de production. Des matériaux ultralégers sont fabriqués dans l'industrie aérospatiale pour réaliser des économies de carburant spectaculaires, ou encore dans l'aviation allant du siège passager au revêtement des moteurs et des ailes des avions. Des courbes de forme libre, des structures en treillis et des formes complexes qui ne suivent pas des géométries conventionnelles sont imprimées en 3D. Souvent ces types de produits ne sont pas réalisables par les procédés de fabrication traditionnels.

## 2 — VISION

Des vagues de disruptions ont régulièrement secoué les entreprises luxembourgeoises. Certaines entreprises disparaissent alors que de nouvelles émergent. Il est donc important de détecter les opportunités de demain et d'aider les entreprises existantes à se réinventer et à soutenir de nouvelles start-ups prometteuses qui pourraient devenir les leaders de la Troisième Révolution Industrielle de demain.

Ainsi, une vision audacieuse résume ce que l'industrie luxembourgeoise entend faire :

### « LUXEMBOURG : UNE PLATEFORME INTERNATIONALEMENT RECONNUE POUR L'EXCELLENCE INDUSTRIELLE DURABLE À TRAVERS DES SOLUTIONS INNOVANTES »

La vision devrait guider et inspirer tout le processus de transformation. C'est une déclaration brève, mais puissante. Elle a pour objectif d'aider toutes les parties prenantes dans leurs efforts pour aborder les opportunités et les défis de la Troisième Révolution Industrielle. Les termes « Une plateforme internationalement reconnue pour l'excellence industrielle durable » représente l'objectif que l'industrie luxembourgeoise souhaiterait atteindre, alors que les termes « solutions innovantes » représentent les moyens nécessaires pour atteindre cet objectif. Il est important de souligner que la vision est une proposition applicable uniquement dans le contexte de l'environnement luxembourgeois.

#### GLOSSAIRE :

Plateforme internationalement reconnue: un groupe d'acteurs dynamique qui ont un fort intérêt personnel dans le développement des industries. Ces intervenants viennent à la fois du secteur public et du secteur privé. Le concept du partenariat public-privé est la pierre angulaire de toute l'initiative.

Durable: utilisation consciencieuse et rentable des ressources (énergie et matières premières), qui fait progresser les gens (conditions de travail sûres et qui améliorent les compétences). Les principes de l'économie circulaire sont pleinement admis et reconnus.

Excellence industrielle: production de produits industriels de renommée mondiale et de haute qualité. Le modèle commercial de ces produits peut être un modèle d'achat standard d'un produit ou la livraison de ce produit comme un service.

Innovant: impulsé par la recherche, lien symbiotique entre la recherche et les industries. L'accent est mis sur la recherche appliquée.

Solutions: offrir des solutions (produits, services, modèles hybrides) aux clients finals.

Alors que l'énoncé de cette vision décrit ce que l'industrie luxembourgeoise veut être à l'avenir, le groupe de travail propose également une déclaration de mission sous forme d'une promesse de ce qu'elle veut faire à l'avenir. L'énoncé de mission devrait guider les actions et les stratégies, ouvrir une voie à suivre et éclairer le processus de prise de décision.

**« DÉVELOPPER UN ÉCOSYSTÈME QUI SERA LE TERRAIN PROPICE POUR LE DÉVELOPPEMENT DE PRODUITS ET DE SERVICES INDUSTRIELS À LA FOIS INNOVANTS, SENSIBLES AUX IMPACTS ENVIRONNEMENTAUX, ÉCONOMES DANS L'UTILISATION DES RESSOURCES LIMITÉES DE LA PLANÈTE, ET PERMETTANT LA TRANSFORMATION DE L'ÉCONOMIE BASÉE SUR LE CARBONE FOSSILE VERS UNE ÉCONOMIE FONDÉE SUR L'ÉNERGIE RENOUVELABLE. »**

### 3 — MESURES STRATÉGIQUES

#### A. BUSINESS MODEL INNOVANT

##### 1. Renforcer et habiliter le Haut Comité pour l'Industrie à développer un écosystème industriel.

Le Haut Comité pour l'Industrie est un conseil national qui regroupe des hauts représentants du gouvernement, de l'industrie et de la recherche. Sa mission est d'assurer des échanges réguliers entre les membres du gouvernement et des experts du secteur industriel, avec pour objectif de sauvegarder et soutenir les industries existantes et créer un environnement favorisant l'établissement de nouvelles activités industrielles, soutenir les acteurs industriels actifs sur le marché international, et identifier de nouveaux créneaux d'activité.

Le Haut Comité pour l'industrie est également chargé de fournir un aperçu approfondi de la situation actuelle de l'économie et de donner des orientations sur les opportunités et les défis auxquels sont confrontées les industries luxembourgeoises. Le Haut Comité serait une plateforme idéale pour que les principaux acteurs se réunissent régulièrement afin de fixer les priorités pour le développement d'un écosystème industriel selon les principes de la Troisième révolution industrielle. Les parties prenantes sont les entreprises, les acteurs de la recherche et du développement, les agences gouvernementales et la FEDIL (Business Federation Luxembourg).

#### B. TECHNIQUE

##### 2. Développer des plateformes technologiques co-implantées pour les chercheurs industriels et universitaires travaillant sur des questions transversales communes.

Le Luxembourg devra élaborer une stratégie écosystémique qui encourage, stimule et renforce la capacité d'innovation des entreprises industrielles. Il existe plusieurs domaines de plateformes technologiques communes à haut potentiel, tels que l'IPCEI sur le « High Performance Computing » et les applications Big Data, qui comprennent des avantages étendus et transversaux pour la FinTech, l'Espace intelligent, l'Agriculture intelligente, la Ville intelligente, l'Énergie intelligente, l'Eau intelligente, le Bâtiment intelligent, la Mobilité intelligente, la Médecine personnalisée, la Fabrication intelligente, les Matériaux intelligents et la protection civile. La robotique est également un domaine prometteur couvrant un large éventail de domaines tels que les petits robots flexibles, l'ergonomie, les Véhicules à Guidage Automatique (VGA), le levage et « Pick & Place ». Le Centre National de Fabrication Additive, le Centre de Compétences National pour Matériaux Composites, et le « Luxembourg Automotive Campus », sont des initiatives récentes au niveau national qui pointent dans cette direction. Il est essentiel d'aligner la recherche nationale (universités et centres de recherche publics) aux besoins de l'industrie

et des autres bénéficiaires, de favoriser « serendipity innovation », le partage des risques de la recherche et de l'innovation et l'apprentissage mutuel. Il sera essentiel de promouvoir des partenariats public-privé complémentaires et multisectoriels, avec des parties prenantes collaborant sur des sujets communs avec un soutien gouvernemental et financier (public et privé). Des questions transversales peuvent être traitées (par exemple, des améliorations de l'efficacité énergétique) en incluant des produits et des services intersectoriels et interprofessionnels, en créant une masse critique dans les lignes de produits et de services et en valorisant (dupliquant) l'innovation dans différentes applications industrielles, segments de marché et secteurs qui peuvent faire bénéficier plusieurs parties prenantes en même temps. La mise en place de plateformes technologiques habilitantes aidera à réduire les coûts de la RDI par le partage des ressources (chercheurs, équipements, installations, etc.), le développement de nouvelles applications, et en fournissant des bases pour l'innovation (preuve de concept, extension, transfert industriel, production de masse) par l'équipement, les lignes pilotes, la technologie et l'infrastructure. Plusieurs défis doivent être relevés et certaines sous-mesures doivent être prises en compte telles que : surmonter les difficultés des investissements initiaux de l'industrie privée lorsqu'aucun retour direct sur l'investissement n'est en jeu et obtenir le soutien public pour mettre en place la plateforme technologique initiale et faire ensuite participer le secteur privé à la deuxième phase. En outre, les PPP multipartenaires sont quasi inexistantes ; il y a un manque de masse critique dans de multiples marchés, secteurs et domaines, et les règles européennes en matière d'aide de l'État deviennent de plus en plus strictes.

### **3. Mettre en place un inventaire des opportunités exergétiques axé sur les données, et cartographié visuellement.**

Ce type de plateforme d'exergie prendrait la forme d'une compilation de tous les processus et équipements consommant de l'énergie, de l'eau et des ressources dans le secteur industriel. Il s'agit de la première étape de l'élaboration d'une feuille de route et d'un plan d'action vivants pour la mise en œuvre de l'efficacité exergétique et de la productivité en recherchant, par exemple, les sources de chaleur résiduelle, les matières résiduelles et la consommation d'énergie. La plateforme de visualisation de données exergétiques peut également être utilisée pour effectuer des achats et des acquisitions communs d'équipement de haute efficacité énergétique.

## C. FINANCIER

### 4. **Élaborer un programme d'accélération pour les start-ups dont la vision est de créer des produits et services permettant de réduire l'empreinte carbone et à accroître d'autres bénéfices environnementaux.**

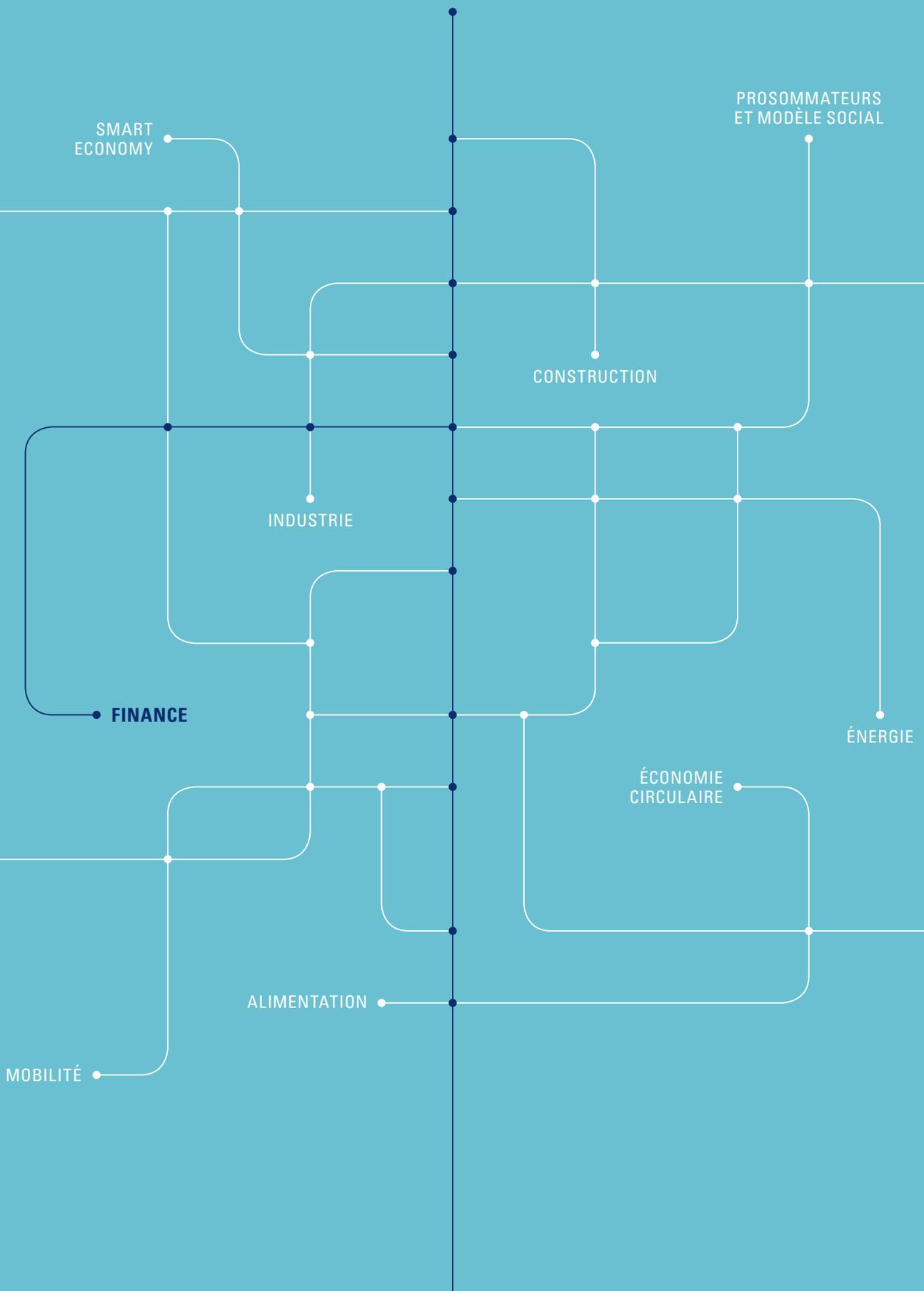
L'innovation est le champ de bataille de l'avenir. Le Luxembourg devrait se concentrer sur la création d'un écosystème entrepreneurial dans lequel les secteurs public et privé travaillent main dans la main pour faciliter et soutenir l'émergence de produits et services durables par la création et le développement de start-ups. Une partie importante des futures opportunités économiques réside dans le domaine de l'éco-innovation. Ce dernier peut être décrit comme le développement de produits et de services qui contribuent au développement durable en favorisant des améliorations écologiques directes ou indirectes. Ceci comprend une gamme d'idées allant d'avancées technologiques respectueuses de l'environnement à des pistes innovantes vers la durabilité socialement acceptables. Il est donc très important que nous construisions un programme d'accélération qui puisse identifier et soutenir les idées ainsi que les start-ups les plus innovatrices dans le domaine de l'éco-innovation. L'objectif est de gérer le programme pendant 3 ans, avec 10 entreprises sélectionnées chaque année. Les entreprises devraient être ouvertes sur le monde et offrir un fort potentiel de croissance. En outre, l'impact sur l'environnement devrait être mesurable - les produits et services devraient réduire la consommation d'énergie dans les processus qu'ils vont améliorer. Les parties prenantes devraient inclure: Le Ministère de l'Économie; Le Ministère du Développement Durable et des Infrastructures; Nyuko/Technoport; des experts internationaux et des mentors; Lux Innovation - Programme Fit 4 Start; ainsi que des chercheurs universitaires. (Voir aussi la mesure « Développer un fonds d'investissement privé pour les projets industriels et les entreprises luxembourgeoises » dans la version intégrale de l'étude de stratégie TIR).

### 5. **Élargir l'offre de requalification et de perfectionnement dans un environnement de travail automatisé et numérisé et concevoir des programmes qui intègrent les nouvelles aptitudes, compétences et savoir-faire qui sont vitaux pour le processus de la Troisième Révolution Industrielle.**

Il faut investir dans l'éducation initiale pour fournir aux futurs travailleurs les compétences requises pour évoluer avec le progrès technologique. Les programmes d'études devraient inclure l'augmentation du capital intellectuel à travers des matières STEM (science, technologie, ingénierie, mathématiques), ainsi que l'amélioration des compétences humaines et sociales par l'apprentissage en équipe, le brainstorming, la communication ainsi que la conception et la réalisation de projets divers. Les programmes d'études ne doivent pas se limiter à l'enseignement en classe, mais devraient aussi comprendre des programmes

d'apprentissage sur site, des expériences sur le terrain et des réseaux d'intelligence collective en ligne (COINs). Il sera également essentiel de réformer la politique de formation professionnelle afin d'assurer un accès facile aux services de requalification pour que chaque salarié ait une véritable possibilité de réagir aux évolutions technologiques liées à la Troisième Révolution Industrielle. Les parties prenantes devraient inclure: le gouvernement qui doit investir et entreprendre des réformes dans l'éducation initiale et la formation professionnelle pour rendre le système d'éducation et d'apprentissage tout au long de la vie suffisamment rapide pour permettre d'avancer avec les machines et la numérisation plutôt que de se retrouver dans une course contre elles; les partenaires sociaux qui doivent participer activement à l'anticipation des besoins futurs et aux réformes des politiques de formation initiale et professionnelle; les entreprises qui doivent anticiper la requalification de leurs travailleurs; et les universités (Sciences, Technologie et Ingénieurs) qui ont besoin d'offrir des programmes d'éducation connexes (Bachelor, Master, Doctorat, apprentissage tout au long de la vie). Les employés qualifiés obtiendront un diplôme et une qualification professionnelle ou une certification qui exigeront un apprentissage continu tout au long de la vie pour se tenir à jour sur l'évolution du marché du travail. La validation de l'acquisition de l'expérience (VAE) sera également un outil essentiel pour les travailleurs concernés. Des protocoles devront être mis en place pour que tous les travailleurs qui souhaitent suivre une formation puissent le faire. En outre, des efforts devront être déployés pour réduire les frais d'inscription des instituts de formation et assurer une formation de mise à niveau à tous les travailleurs.

# FINANCE



## APERÇU FINANCE

**2016**  
AUJOURD'HUI



### ÉTAT DES LIEUX

- ▶ Le Luxembourg est un centre financier important au cœur de l'Europe.
- ▶ L'infrastructure à la pointe, qui englobe un cadre réglementaire et de surveillance de haute qualité, place le centre financier au premier plan de l'innovation
- ▶ Le Luxembourg est également un pôle FinTech émergent
- ▶ Le Luxembourg est le premier centre mondial pour la domiciliation de fonds de placement en microfinance

2015  
**143**  
banques



### OPPORTUNITÉS

2014  
**1<sup>ER</sup>**  
dans la distribution  
transfrontalière de fonds  
en Europe

2016  
**3666**  
Fonds  
d'investissement

- ▶ Internet des Objets
- ▶ Économie numérique intelligente
- ▶ FinTech

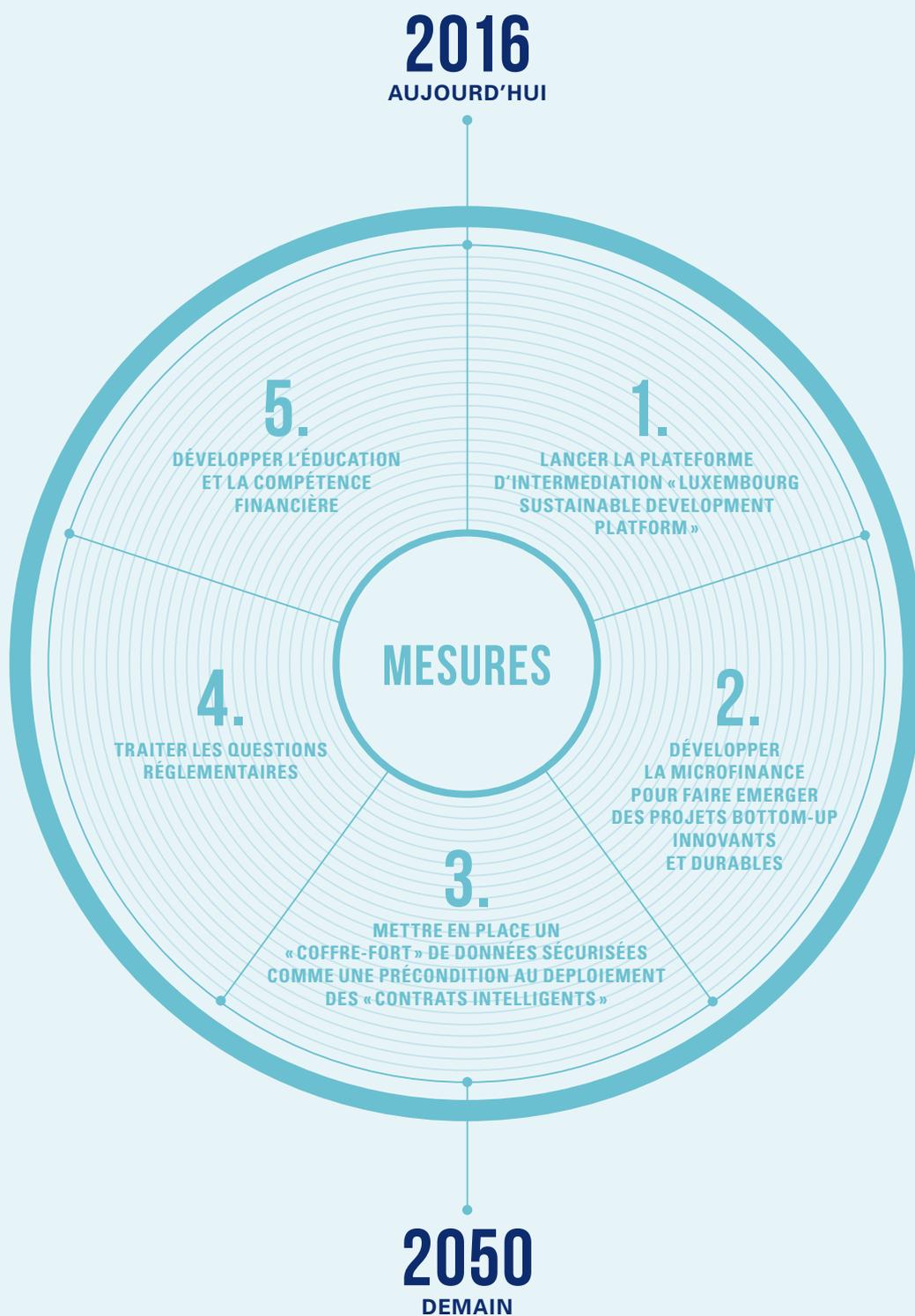


### VISION

**LE LUXEMBOURG : UN PÔLE FINANCIER DURABLE D'ENVERGURE MONDIALE À L'AVANT-GARDE DE LA RÉVOLUTION NUMÉRIQUE ET QUI FAIT ABOUTIR LA TRANSFORMATION.**

**2050**  
DEMAIN

# MESURES STRATÉGIQUES



## *Le récit de la troisième révolution industrielle*

*Le « Finternet des objets » (Internet financier des Objets) émergeant au sein de la Troisième Révolution Industrielle en évolution transformera de nombreux aspects des services financiers, favorisera la genèse de nouveaux modèles d'affaires et remodelera le secteur au cours de la prochaine décennie. Les services financiers, plus que tout autre secteur, s'appuient sur la collecte, l'analyse et le transfert de données. Il n'est ainsi pas étonnant que les analystes de l'industrie considèrent l'Internet des Objets comme un événement qui change la donne pour le secteur des services financiers. Des capteurs qui connectent chaque appareil le long de la chaîne de valeur vont générer des méga-données (Big Data) dans chaque secteur de l'économie, fournissant en temps réel aux banques, aux autres institutions financières, et aux compagnies d'assurance, un flux régulier de données vitales. Les données peuvent être exploitées pour créer des algorithmes et des applications qui permettront à l'industrie des services financiers d'augmenter l'efficacité globale et la productivité et de réduire le coût transactionnel et marginal des fonctions de back office, de la livraison de services aux clients, des paiements de détail, des conseils et décisions d'investissement, et du trading algorithmique. L'IdO permettra aussi aux banques d'émettre des monnaies virtuelles.*

*Le Luxembourg a aussi l'opportunité unique de tirer parti des investissements et services qui pourraient faciliter et accélérer la transition vers une économie de Troisième Révolution Industrielle numériquement interconnectée. L'infrastructure future de gestion des données et de technologie numérique est positionnée comme l'une des composantes clés dans la transition vers une économie de type TIR. La connexion intelligente des diverses technologies (par ex. la numérisation des infrastructures, le crowdfunding, la micro-finance ou encore la blockchain) peut entraîner des retombées bénéfiques qui accélèrent la transition vers la Troisième Révolution Industrielle.*

# 1 — ÉTAT DES LIEUX

Le Luxembourg est un important centre financier au cœur de l'Europe. Les banques, les fonds d'investissement, les compagnies d'assurance et de réassurance, ainsi qu'une multitude de prestataires de services spécialisés tirent parti du Luxembourg en tant que plateforme pour offrir notamment des services bancaires transfrontaliers, de gestion d'actifs, de prêts aux entreprises, d'administration de fonds et de distribution internationale à un large éventail de clients privés et institutionnels. L'infrastructure de pointe, qui inclut un cadre réglementaire et prudentiel de haute qualité, place le centre financier au premier plan de l'innovation. Au-delà des secteurs d'activité traditionnels, le Luxembourg est également un pôle FinTech émergeant ainsi qu'un centre mondial de premier plan pour la domiciliation de fonds d'investissement en microfinance et pour la gestion des obligations vertes. Le Luxembourg est également devenu un important centre pour la finance islamique et pour l'activité du renminbi.

La convergence de l'Internet de la communication, de l'Internet de l'énergie renouvelable et de l'Internet du transport et de la logistique automatisés, associée à une infrastructure de l'Internet des Objets (IdO), permettra au secteur financier de réinventer les services financiers dans le contexte d'une économie numérique intelligente. L'écosystème financier luxembourgeois devra gérer de façon efficace sa transformation numérique afin de tirer parti des opportunités engendrées par la numérisation. De nouveaux modèles d'affaires seront rendus possibles par les technologies liées à l'IdO. Cependant, seul un centre financier solide et robuste, s'appuyant sur les personnels les plus qualifiées et sur les meilleures technologies, et intégré dans un environnement juridique, réglementaire et de surveillance cohérent et proactif, peut continuer à prospérer et devenir un catalyseur essentiel dans la transition réussie vers la « Troisième révolution industrielle » (TIR).

## 2 — VISION

« Le Luxembourg : un pôle financier durable et d'envergure mondiale à l'avant-garde de la révolution numérique et qui fait aboutir la transformation » : voilà la vision globale esquissée par le Groupe de travail finance (GTF). Pour concrétiser cette vision, le GTF a hiérarchisé des éléments clés de la transition vers une économie TIR.

- Un centre financier international résilient et diversifié dédié au service d'une clientèle localisée au Luxembourg, en Europe et dans le monde.
- Un centre financier qui intègre la révolution numérique avec succès dans tous les aspects de ses opérations et activités.
- Un centre financier doté d'une grande capacité d'adaptation de son offre pour faciliter l'avènement de la Troisième Révolution Industrielle.
- Un cadre d'envergure mondiale pour la protection des données et pour l'infrastructure en matière d'e-services.
- Un carrefour mondial pour l'innovation financière, l'Investissement Socialement Responsable (ISR), la confiance et la transparence, où l'impact et la durabilité socio-économique vont de pair.

Chaque mot de la vision importe à part entière et comme une partie de la déclaration d'ensemble :

- « Durable » : le pôle financier en tant que moteur du développement socio-économique du Luxembourg.
- « Envergure mondiale » : le pôle financier répond aux besoins des clients nationaux, européens et internationaux.
- « À l'avant-garde de la révolution numérique » : les technologies disruptives, les nouveaux business models, la désintermédiation, la vague de la « FinTech », la blockchain, etc... doivent être anticipés, maîtrisés et mis en œuvre afin que le Luxembourg puisse rester à l'avant-garde et être le moteur de la transformation.
- « Faire aboutir la transformation » : l'écosystème financier comme facilitateur clé de l'avènement de la Troisième Révolution Industrielle.

### 3 — MESURES STRATÉGIQUES

Observation préliminaire : les mesures et les projets énoncés ci-dessous sont un sous-ensemble de la feuille de route générale élaborée conjointement par l'équipe TIR et le GTF. Les mesures présentées sont celles pour lesquelles nous estimons que le pays devra se mobiliser et définir les évolutions dans une approche ambitieuse de type « PPP » (partenariat public privé).

#### A. BUSINESS MODEL INNOVANT (1) : « LUXEMBOURG SUSTAINABLE DEVELOPMENT FINANCE PLATFORM »

Le Groupe de travail finance (GTF) et le TIR Consulting Group LLC recommandent la création d'une plateforme d'interface centrale - une « place de marché » (marketplace) - qui soutiendrait le financement de projets investissables dans tous les secteurs clé du développement durable (économie, social, environnement), y compris les projets TIR (mais sans s'y limiter), ainsi que leur promotion parmi les investisseurs potentiels et les porteurs de projets.

Cette plateforme pourrait être appelée « Luxembourg Sustainable Development Finance Platform » (LSDFP / Plateforme d'intermédiation de financement du développement durable). L'idée principale est que la LSDFP soit l'organisme d'interface entre des contributeurs financiers (publics et privés) potentiels et les porteurs de projets durables (publics et privés). Elle serait aussi en charge d'évaluer chacun des projets afférents afin d'assurer le respect d'un ensemble donné de critères d'éligibilité (tels que les Objectifs de Développement Durable des Nations-Unies et leur pertinence par rapport à la TIR) ainsi que de s'assurer des contrôles de qualité sur la faisabilité, la création de valeur et le rendement du projet pour les investisseurs potentiels. La plupart des projets TIR, sinon tous, nécessiteront un financement quelconque. Il est donc essentiel de relier les projets (de toutes tailles) à tous les types d'investisseurs potentiels via différents canaux d'investissement. Cette plateforme offre aux investisseurs et promoteurs différents avantages :

- Donner accès à des informations et des opportunités privilégiées en matière de développement durable.
- Permettre aux contributeurs financiers d'investir en fonction de leur propension au risque et de leurs attentes en termes de rendement financier et d'impact.
- Permettre aux porteurs de projets de soumettre des propositions de projets en conformité avec leurs politiques, missions, mandats et business plans.
- Permettre un financement structuré et le cas échéant mixte (public / privé) pour une meilleure gestion des risques (par ex. par des garanties) et un effet de levier accru.
- Fournir une certification de qualité et de conformité.

La plateforme devrait être mise en place sous la forme d'un PPP (partenariat public-privé). Une analyse adéquate doit être effectuée pour identifier la structure juridique optimale pour la plateforme.

Les porteurs de projets durables auront besoin de conseils pour choisir les bons instruments de financement. L'éligibilité des propositions de projets à la plateforme doit être fondée sur une évaluation préliminaire. La mise en œuvre de la LSDFP aidera à combler le fossé qui existe encore entre les types de contributeurs financiers (publics et privés) et les investisseurs à la recherche d'opportunités d'investissement dans le domaine du développement durable et de la TIR, respectivement les promoteurs de projets qui sont à la recherche d'un financement adapté à la mise en œuvre de leurs projets. À cet égard, la LSDFP assurera une mission publique, c'est-à-dire fournir un financement durable pour des projets s'inscrivant dans le développement durable. L'objectif de cette mission publique justifie le financement public de démarrage pour l'atténuation des risques financiers et l'assistance technique. Par ailleurs, la mise en œuvre de la mission publique nécessite des apports financiers et non financiers d'acteurs à la fois du secteur privé et du secteur à but non lucratif. Une perspective économique motive l'engagement à long terme des acteurs du secteur privé.

Concrètement, la LSDFP lance des appels à projets dans les secteurs du développement durable, y compris des propositions relatives à la stratégie TIR. Elle assure aux porteurs de projets l'accès aux contributeurs financiers et aux instruments financiers adaptés. La LSDFP approche de manière proactive les contributeurs financiers potentiels et dresse une liste des propositions d'investissement et des instruments d'investissement adaptés pour les mettre à disposition des porteurs de projets.

La création de la LSDFP ne doit pas être perçue ou interprétée comme une tentative du secteur public de se soustraire à ses obligations et engagements (notamment financiers) actuels, indépendamment des activités qui à l'avenir pourraient être financées par le biais des efforts de rapprochement (« matchmaking ») de la LSDFP. Au contraire, les activités de la LSDFP devraient permettre de mobiliser des investissements privés en plus du financement public existant. La gouvernance de la plateforme (représentation multisectorielle), son infrastructure informatique (adaptée aux besoins en termes de volume et de fiabilité) et les compétences nécessaires (pluridisciplinaire) de son personnel doivent être soigneusement évalués. En ce qui concerne la couverture du coût opérationnel de la LSDFP, l'introduction d'une cotisation pour les investisseurs ainsi que d'une participation aux frais de gestion par projet (« handling fee ») pourrait être envisagée.

La LSDFP serait par ailleurs idéalement placée pour centraliser les demandes de services énergétiques durables tant dans le secteur public que dans le secteur privé. Plutôt que d'émettre elle-même des instruments financiers, la LSDFP devrait se concentrer sur la mise à disposition de solutions de financement adaptées (obligations ou autres instruments financiers) aux organismes publics et privés participants et aux sociétés de service énergétiques (SSE) avec

lesquels ils travailleront. D'ailleurs, cette façon de procéder permettrait de maîtriser les coûts d'organisation et d'exploitation de la LSDFP, alors que le financement des activités de production et de distribution d'énergie serait exempt de frais initiaux. Des régimes de garantie avec financement public pourraient encore être envisagés pour des projets à risque.

Par conséquent, la LSDFP n'a pas pour but de gérer les flux financiers ou de lever elle-même du capital. Les questions relatives à la responsabilité, à la réglementation et à la supervision risqueraient d'entraver la mission de la LSDFP en tant que plateforme d'intermédiation. Si la LSDFP devait émettre des instruments tels que des « obligations énergétiques durables » ou offrir d'autres financements, elle doublerait des capacités et de l'expertise disponibles auprès des acteurs publics et privés existants (gouvernement, banques, entreprises, etc.), dotés de surcroît de compétences et de moyens supérieurs. Il est donc fortement suggéré que la LSDFP axe ses efforts dans le comble du déficit de communication entre les porteurs de projets et les investisseurs et se livre à l'exploration d'opportunités de projets de développement durable. C'est là que réside sa véritable valeur ajoutée.

La création de la LSDFP s'intègre dans le modèle "Sustainable Energy Finance" (SEF), un mécanisme financier essentiel qui renforcerait l'interaction entre l'offre et la demande de ressources énergétiques durables à l'échelle de l'infrastructure générale à déployer dans le cadre de la TIR. LuxSEF pourrait fonctionner en parallèle avec la LSDFP, en particulier en recevant des participants qui ont été informés et motivés par la LSDFP pour concevoir des projets. Des changements à l'échelle de l'infrastructure seraient ainsi possibles par des accords structurés et standardisés entre fournisseurs de capitaux, sociétés de services énergétiques et participants (publics et privés) aux programmes.

## **B. BUSINESS MODEL INNOVANT (2) : LA MICROFINANCE POUR FAVORISER LES PROJETS BOTTOM UP INNOVANTS ET DURABLES**

Le Luxembourg est le premier centre de domiciliation de fonds d'investissement de la microfinance. Néanmoins, pour le Luxembourg, la microfinance demeure une nouveauté, mais qui offre des possibilités concrètes de financement de projets dans le cadre de la Troisième Révolution Industrielle. Les start-ups sociales, notamment, offrent des solutions innovantes dans l'économie du partage basées sur des modèles économiques ayant des impacts sociaux et environnementaux positifs. Dans le contexte d'une politique de prêts et de réglementations plus stricts, les micro-entrepreneurs et les entrepreneurs sociaux peuvent le cas échéant être exclus du système de crédit ordinaire. En tant qu'« argent intelligent », la microfinance, alliant soutien financier à la formation, au coaching et au mentorat, contribue au financement de la Troisième Révolution Industrielle.

En ce qui concerne les obligations vertes, la technologie des registres distribués conciliera le flux d'informations et d'argent, ce qui favorisera la genèse de nouveaux instruments énergétiques et financiers négociables. Ces obligations incluent les contrats soutenus par la capacité de production d'énergie par les « prosommateurs », ainsi que les nouvelles actions ou titres assimilés de type « droits de carbone » dont les dividendes sont fondés sur les avantages environnementaux et les économies réalisées par l'investissement sous-jacent. De tels placements peuvent, à leur tour, être regroupés dans des opérations de titrisation intelligentes, gérées par des contrats dépendant d'une blockchain pour générer un échange de titres. Sont ainsi créés des opportunités, à la fois pour les sociétés de gestion d'actifs que pour les particuliers, de participer aux microfinancements et aux investissements de crowdfunding. Compte tenu de l'engagement de l'Europe en faveur d'un passage à l'énergie renouvelable, ces nouvelles classes d'actifs peuvent rapidement évoluer vers de très grands marchés liquides. Si le Luxembourg ouvre la voie, et adopte l'infrastructure blockchain qui les sécurise, il peut devenir un pôle mondial pour l'établissement, la collatéralisation et le commerce de ces produits.

### **C. TECHNIQUE : UN « DATA VAULT » (COFFRE-FORT DE DONNEES) SÉCURISÉ COMME PRÉREQUIS AUX CONTRATS INTELLIGENTS**

La blockchain est une technologie essentielle pour assurer une gestion plus efficace et transparente et pour sécuriser l'économie basée sur les transactions. Identité, sécurité et protection des données, ancrage et auditabilité, « tokenisation » et contrats intelligents ; tous ces concepts phares ont été identifiés dans l'étude stratégique TIR comme des défis, mais aussi des opportunités, liés à la blockchain. De même, il a été souligné que les technologies blockchain sont un catalyseur clé pour d'autres recommandations du GTF, comme le lancement de devises complémentaires B2C et B2B et de la finance vert.

En tant que point de départ et afin de donner le coup d'envoi à tous ces développements, nous préconisons la mise en place d'un « data vault », c'est-à-dire un coffre-fort électronique de données sécurisé au niveau national pour dynamiser l'efficacité et pour devenir subséquentement le leader dans la conception et la mise en œuvre de contrats intelligents. Le Luxembourg pourrait à ce titre mettre en place une plateforme nationale centrale où les citoyens et les entreprises peuvent saisir leurs données personnelles (nom, adresse, données sur les biens, données médicales électroniques, etc.). Ce serait une sorte de « coffre-fort électronique » hébergeant les données et offrant au citoyen ou à l'entreprise la possibilité d'accorder l'accès à certaines parties de ce coffre-fort à des parties prenantes choisies (par exemple : gouvernement, banques, compagnies d'assurance, etc.).

Les données ne devraient être saisies qu'une seule fois dans le coffre-fort électronique et des modifications pourraient y être apportées de façon centralisée, de façon à ce que soient automatiquement mises à jour les données

contractuelles du coffre-fort pour lesquelles les parties prenantes se sont vu accorder un accès. Le déploiement d'un tel « data vault » centralisé et sécurisé semble être une condition préalable à un déploiement national de « Contrats intelligents », dans le domaine du secteur financier et au-delà. Le déploiement d'un tel projet ambitieux impliquerait de :

- Identifier et définir une première démonstration de faisabilité (« proof of concept ») viable.
- Fournir un environnement technique et sécurisé.
- Déterminer une interaction sécurisée entre les contrats intelligents et les concepts relatifs au Big Data.

#### **D. QUESTIONS REGLEMENTAIRES**

Une adaptation holistique et cohérente de la réglementation et de la supervision est d'une importance fondamentale. La transformation numérique doit être vue comme un ensemble, recherchant un juste équilibre entre les moteurs du changement et l'impact sur les modèles d'entreprises existants. Les cadres législatifs et les initiatives législatives européens, tels que le Marché unique digital, doivent être mis à profit. Au niveau national, figurent parmi les principales priorités : la mise en place du cadre réglementaire et de surveillance pour veiller à ce que les conditions d'innovation soient capables de prospérer (par exemple, réglementer des activités financières et non les acteurs) et des « sandbox » réglementaires pour faire face aux menaces croissantes de la cybercriminalité. Les règles de protection de données doivent trouver le juste équilibre entre la protection des données confidentielles tout en rendant possibles la création de nouveaux produits financiers innovants axés sur le client.

#### **E. ÉDUCATION FINANCIÈRE**

À une époque où les décisions financières prennent de plus en plus d'importance dans la vie des citoyens, l'éducation et l'alphabétisation financière sont essentielles. Dans ce contexte, un nombre croissant de pays ont élaboré des stratégies nationales d'éducation financière ; un sujet qui fait partie intégrante du thème plus large de l'éducation économique, et qui vise à donner aux citoyens et aux professionnels les bases pour comprendre et appréhender le monde économique et financier dans lequel nous vivons. Comparé à d'autres régions, le Luxembourg semble être en retard en ce qui concerne l'éducation financière, malgré le fait que certains acteurs - souvent privés - offrent déjà des modules éducatifs aux écoles et/ou au grand public. En effet, le Luxembourg n'a pas encore adopté de stratégie nationale en matière d'éducation financière et n'a pas non plus désigné d'autorité compétente dans ce domaine. En outre, les recherches menées dans ce domaine semblent insuffisantes.

Nous recommandons une stratégie globale pouvant bénéficier à de nombreuses parties prenantes :

- Pour les étudiants: les programmes éducatifs existants devraient mettre davantage l'accent sur l'alphabétisation financière.
- Pour les enseignants: des programmes d'échange et d'information devraient être élaborés.
- Pour les consommateurs: des programmes d'échange et d'information devraient être élaborés.
- Pour les professionnels: des programmes spécifiques devraient être mis en place puisque les offres à cet égard sont actuellement insuffisantes. Des outils spécifiques sont nécessaires au démarrage d'entreprises.

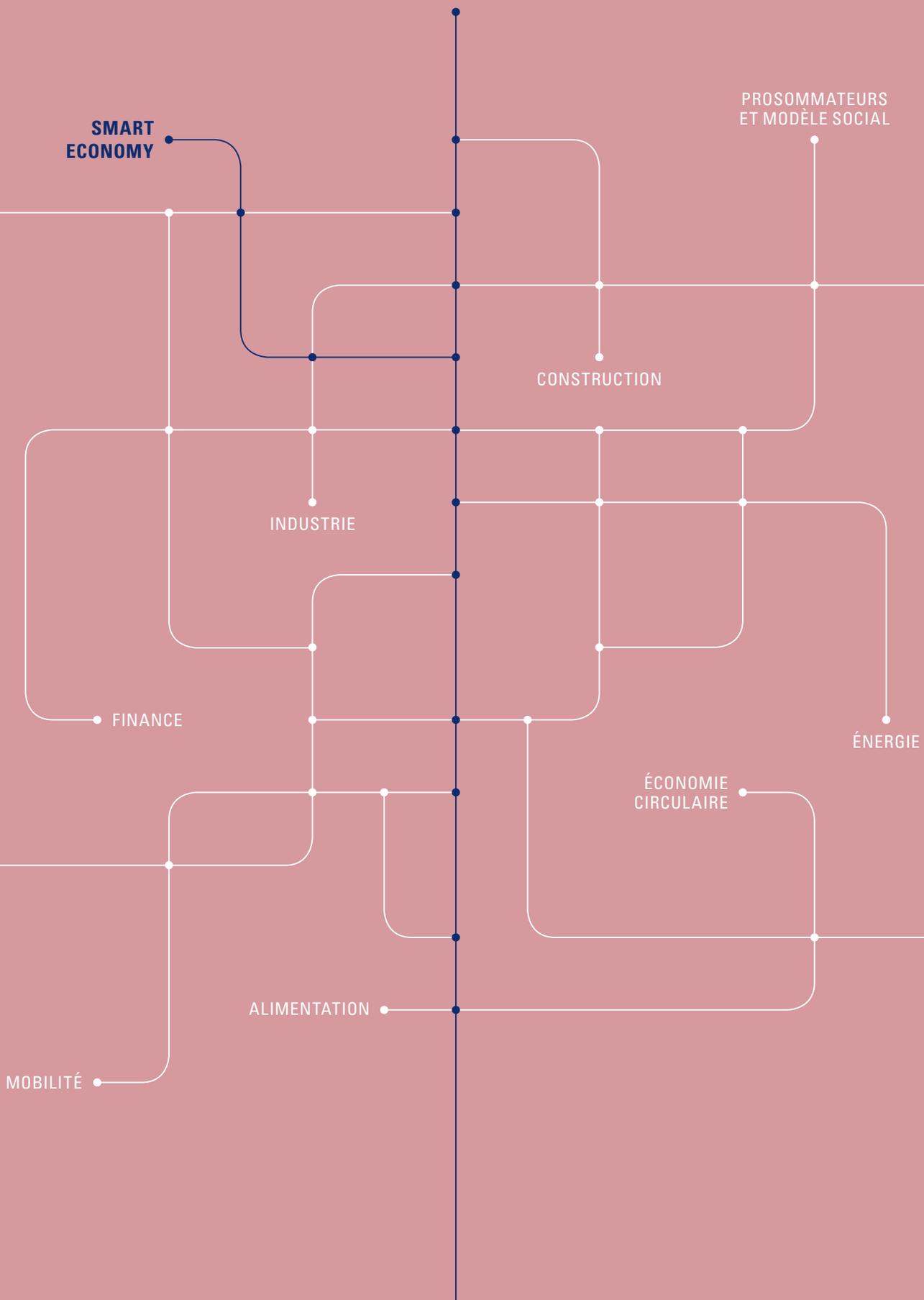
L'action au niveau de l'éducation financière devrait commencer dès que possible. En ce qui concerne l'enseignement secondaire, le Luxembourg est en train de préparer une réforme globale. Idéalement, l'éducation financière et économique devrait être intégrée de façon ambitieuse dans le cadre de cette réforme. Le but d'ensemble devrait être la création d'un écosystème qui fonctionne bien et où tous les acteurs peuvent facilement interagir. Les principales priorités devraient inclure :

- Les forces et les faiblesses de la population dans le domaine de l'éducation financière devraient être identifiées au moyen d'une étude d'évaluation (à titre d'exemple, il existe un module spécifique sur l'éducation financière dans le cadre du programme PISA de l'OCDE, qui pourrait être utilisé comme point de référence),
- une stratégie nationale à long terme dans le domaine de l'éducation financière devrait être définie et mise en œuvre,
- l'éducation financière devrait être intégrée aux programmes scolaires généraux (par exemple dans les cours de mathématiques et de langues).

Des plans d'action dédiés devraient également être mis en place pour les consommateurs et les professionnels. Des groupes de travail pertinents devraient être créés, engageant toutes les parties prenantes publiques et privées. Le Luxembourg doit s'efforcer d'assurer une interaction harmonieuse entre le développement de son centre financier, d'une part, et la formation et l'éducation des ressources locales, d'autre part. Les principaux objectifs dans ce domaine sont doubles :

- Encourager et motiver les jeunes à tenter l'entrepreneuriat et à rechercher activement des opportunités d'apprentissage dans le domaine des instruments financiers actuels et futurs (par ex. FinTech).
- A court terme, il pourrait être envisagé d'organiser des rencontres entre les décideurs professionnels du secteur financier et les enseignants pour échanger leurs points de vue sur les thèmes actuels et futurs, les instruments et les questions dans le domaine FinTech et leur impact sur le secteur financier luxembourgeois.

# SMART ECONOMY



# APERÇU SMART ECONOMY

**2016**  
AUJOURD'HUI



## ÉTAT DES LIEUX

- ▶ Le Luxembourg est doté d'un secteur TIC très avancé.
- ▶ Selon le Digital Scoreboard de la Commission européenne, la connectivité, le capital humain et l'utilisation de l'internet sont les dimensions 2016 dans lesquelles le Luxembourg performe le mieux
- ▶ Le Luxembourg manque d'expertise pour déployer la révolution numérique et le système éducatif n'est pas adapté pour combler cet écart en compétence numérique.

**100 %**

Couverture haut débit



## OPPORTUNITÉS

- ▶ Nouvelles technologies pour la gestion des communications et du Big Data
- ▶ Antennes intelligentes
- ▶ Accès dynamique au spectre
- ▶ Technologies radio-cognitives
- ▶ Réseaux maillés



WIFI EVOLUÉ  
ET RÉSEAUX 5G



## VISION

**UNE ÉCONOMIE INTELLIGENTE DEVRAIT RÉCONCILIER L'ÉCONOMIE AVEC LES PRINCIPES DE DURABILITÉ PAR L'UTILISATION DES TIC POUR OBTENIR UNE CROISSANCE INCLUSIVE, UNE ÉCONOMIE DIVERSIFIÉE ET L'AUTONOMIE SOCIALE**

- ▶ La compétitivité et l'utilisation efficace des ressources
- ▶ Insertion numérique, « buy-in » par le grand public
- ▶ Modèle de croissance durable et de protection sociale

**2050**  
DEMAIN

# MESURES STRATÉGIQUES



## *Le récit de la troisième révolution industrielle*

*Trois milliards et demi de personnes, près de la moitié de la population mondiale, sont aujourd'hui connectés à l'Internet. Récemment, la Chine a commencé à fabriquer des smartphones à 25 dollars avec plus de puissance de calcul que ce qui a été utilisé pour envoyer nos astronautes sur la lune, tout en augmentant la possibilité que bientôt les humains seront tous connectés les uns aux autres et communiqueront ensemble pour partager leurs connaissances, le travail, et les loisirs, nouant de nouvelles amitiés et trouvant des compagnons à un coût marginal zéro dans la famille fictive la plus élargie de l'histoire de l'humanité. L'Internet de la Communication est en train d'effacer les frontières et de faire du monde un lieu commun, unique, public et virtuel, – avec un coût marginal de participation proche de zéro.*

*Aujourd'hui, même les ondes d'émission deviennent potentiellement gratuites. Les nouvelles technologies de Communication et les fréquences radio soumises aux méga-données (Big Data) changent la nature même des communications à large bande.*

*Les antennes intelligentes, l'accès dynamique au spectre, les technologies de radio cognitive et les réseaux maillés font partie des nouvelles technologies qui élargissent le spectre à une ressource bon marché et abondante en l'utilisant plus efficacement et avec plus de souplesse. Il en résultera à la fois une utilisation autorisée et non autorisée du spectre, répondant aux besoins en matière d'accès ultra-large bande, de services essentiels, et l'Internet des Objets avec des billions d'appareils interconnectés. Les réseaux évolués WiFi et 5G détiennent la promesse de réaliser ces rêves.*

# 1 — ÉTAT DES LIEUX

La bulle dotcom de la fin des années 1990 a été mal estimée au niveau du timing mais pas au niveau de l'ampleur de la révolution numérique. Aujourd'hui, les technologies numériques sont le moteur du processus de transformation de l'économie et de la société en général et perturbent souvent des chaînes de valeur économiques entières. Le Luxembourg doit se positionner dans cette transition numérique globale vers un monde dans lequel les mondiaux les plus puissants seront des idées, des services électroniques et du capital numérique.

Le Luxembourg dispose d'un secteur TIC très avancé qui représente 6,6% de la valeur ajoutée brute totale du pays. Le secteur des TIC représente 4% de l'emploi au Luxembourg. De plus, le Luxembourg héberge quelques sociétés leader des TIC, notamment Amazon, Ebay, Vodafone et Rakuten. En ce qui concerne les conditions-cadres générales, le dernier Digital Scoreboard de la Commission européenne (Digital Economy and Society Index DESI) décrit l'état des lieux au Luxembourg concernant le processus de transition vers une « économie numérique ». Aussi bien la connectivité que le capital humain et l'usage d'internet sont les critères du DESI 2016 pour lesquels le Luxembourg est le mieux placé. Avec un score global de connectivité de 0,73 le pays se classe 4<sup>e</sup> parmi les pays de l'UE. Le Luxembourg a réalisé la couverture en haut débit de 100%. Une connexion haut débit ultra-rapide (au moins 30 Mbps) est entretemps disponible pour 94% des ménages.

Les pratiques du commerce en ligne au Luxembourg donnent une image contrastée. Dans la rubrique « Intégration de la technologie numérique » des entreprises, le Luxembourg obtient seulement 0,28, ce qui représente son pire résultat parmi les cinq rubriques DESI 2016. Il se classe 21<sup>me</sup> parmi les autres pays de l'UE. Aussi bien le pourcentage des PME vendant en ligne que le chiffre d'affaires en provenance du commerce électronique sont faibles.

Le manque d'expertise pour déployer la révolution numérique ainsi qu'un système éducatif qui n'est pas adapté pour combler cet écart de compétences numériques sont les faiblesses majeures du Luxembourg. Alors qu'avec 5,1%, la proportion de spécialistes des TIC dans l'emploi total est relativement élevée, le Luxembourg manque de professionnels qualifiés en TIC. En 2015, 59,1% des entreprises ayant recruté ou essayé de recruter des personnes spécialisées en TIC ont signalé des difficultés pour combler ces postes, contre 58,5% en 2014. C'est le deuxième chiffre le plus élevé de l'UE. Ce problème est également lié au faible nombre de diplômés en STEM (Sciences, Technology, Engineering, Mathematics). Le Luxembourg est le pays le moins performant de l'UE en nombre de diplômés STEM, avec seulement 3,6 diplômés sur 1000 individus.

En termes d'image de marque nationale, le Luxembourg est traditionnellement perçu comme un lieu favorable aux entreprises dont la principale force est un environnement politique et réglementaire stable, propice à la croissance et un accès facile aux décideurs publics. Toutefois, en examinant le dernier classement des indices de disponibilité du réseau du Forum économique mondial, le Luxembourg se place 27<sup>me</sup> dans le pilier "Business and innovation Environnement".

## 2 — VISION

Le groupe de travail « Smart Economy » devrait atteindre les objectifs primordiaux suivants :

- Compétitivité et utilisation efficace des ressources
- L'inclusion numérique, « Buy in » par la société en général
- Modèle de croissance durable et modèle de protection sociale

En d'autres termes, une économie intelligente devrait concilier l'économie avec les principes de durabilité à travers l'utilisation des TIC pour une croissance inclusive, une économie diversifiée et une autonomie sociale. Les TIC servent à améliorer la qualité, la performance, et l'interactivité des services, tout en réduisant les coûts et la consommation de ressources et en améliorant les contacts entre les utilisateurs.

La transition vers une ère numérique intégrée émergente favorisera les régions qui mettent en œuvre l'infrastructure, les institutions, les compétences et l'environnement commercial nécessaire pour ses innovateurs, entreprises et citoyens

L'adaptation à cette transition numérique, nécessite un changement des mentalités, des politiques, des investissements (requis dans le capital humain et dans l'innovation), et des modèles d'emploi et de distribution. Pour une économie souple, riche et sophistiquée telle que le Luxembourg, cette transition permet de créer des nouvelles opportunités. Déjà leader mondial dans l'adoption du numérique, le Luxembourg a un avantage concurrentiel en ce qui concerne la construction d'une infrastructure de la Troisième de Révolution Industrielle.

Pour faire progresser rapidement le nouveau paradigme économique, le Luxembourg devra s'appuyer sur son succès antérieur dans le secteur des TIC et commencer à construire rapidement un Internet de l'énergie renouvelable numérique et un Internet de la mobilité numérique en parallèle à son Internet de la Communication déjà développé, connecté par une plateforme de l'Internet des Objets.

En s'appuyant sur les leçons tirées par les « seconds joueurs » (par rapport à la Silicon Valley) tels que Tel Aviv, Singapour, Londres, Barcelone et Zurich, nous estimons que le pouvoir économique n'est qu'un seul aspect de l'économie intelligente et ne suffit pas pour stimuler la performance économique générale ainsi que les recettes fiscales et l'emploi. Une interactivité entre les institutions, les compétences, l'entrepreneuriat, les réglementations et l'infrastructure s'avère indispensable.

Il est donc primordial de formuler une vision stratégique de base qui s'appuie sur les actifs existants du Luxembourg comme décrits ci-dessus en positionnant le Luxembourg à la fois comme producteur et bénéficiaire des flux numériques. En développant davantage ces sujets le Luxembourg pourra se positionner comme leader en matière d'innovation

### 3 — MESURES STRATÉGIQUES

#### A. BUSINESS MODEL INNOVANT

**1) En favorisant et en focalisant la recherche appliquée dans les domaines clés de la ville intelligente, de l'énergie intelligente, de la conduite autonome, du calcul haute performance et des applications compatibles avec les mega-données**

##### I) Développement d'un Campus Automobile :

Le futur Luxembourg Automotive Campus accueillera les activités de recherche et d'innovation de plusieurs entreprises du secteur de l'automobile. Des infrastructures communes seront mises en place, tels que des laboratoires d'essais, des installations de recherche, des salles de réunion, des espaces repas et des aires d'exposition. Le site de la piste d'essai offre des possibilités pour tester et valider des prototypes dans le domaine de la logistique et de traiter des scénarios de circulation réalistes. Ce projet ouvrira la voie à la recherche et le développement dans le domaine économique (par exemple l'économie de partage), technologique (les voitures sont interconnectées) et la cyber-sécurité pour la mise en place réussie de conduite autonome et d'un réseau « véhicules » et « véhicules et infrastructures ».

Au-delà, le campus favorisera également l'esprit d'entreprise en accueillant des start-up automobiles innovantes.

##### II) Le Calcul Haute Performance (HPC)

Le Luxembourg, ainsi que la France, l'Italie et l'Espagne, ont lancé un important projet d'intérêt commun européen (IPCEI) concernant la mise en œuvre d'un plan d'action pour développer l'infrastructure HPC européenne et le Big Data à échelle mondiale, afin de rattraper des pays comme les États-Unis et la Chine.

L'objectif de l'initiative est de mettre en place un système de Calcul Haute Performance (HPC) et de Big Data, ainsi que la fourniture d'un accès égal et abordable aux applications de nouvelles génération à toutes les parties prenantes et ceci d'une manière transparente et démocratique indépendamment de leur origine socioéconomique.

L'initiative IPCEI vise à renforcer la position de l'Europe dans l'économie numérique mondiale en rendant les applications et les infrastructures HPC-Big Data accessibles aux entreprises privées et en mettant un accent particulier sur les PME. La mise en place d'un écosystème européen HPC-BigData permettra un transfert efficace des données transfrontalières et ouvrira de nouvelles sources de création de valeur dans un marché unique numérique. Des applications seront développées en faveur du concept de « nation intelligente ». L'idée est d'utiliser le potentiel des capacités HPC-Big Data pour améliorer la vie quotidienne et dynamiser l'économie européenne.

La protection de la vie privée ainsi que la protection et la propriété des données sont des questions importantes dans le contexte d'un marché unique numérique opérationnel. L'initiative IPCEI vise, d'une part, à combler l'écart entre les obligations en matière de protection des données, et d'autre part, les opportunités commerciales innovantes, en appliquant de nouveaux cadres et paradigmes conceptuels tels que le « Data Security and Privacy by Design » (Sécurité et protection des données de la vie privée dès la conception).

### III) Mettre en place un projet phare « Smart Cities »

Le Luxembourg est bien placé pour servir de banc d'essai pour les applications intelligentes en raison de :

- Une infrastructure informatique hautement performante (connectivité élevée, faible latence et centres de données hautement sécurisés) ;
- Activités de recherche publique dans le domaine de Big Data Analytics (analyse des grands ensembles de données) et de la cybersécurité (LIST et SnT) ;
- Un secteur dynamique des TIC avec des acteurs nationaux (POST, SES) et des sociétés internationales de renom ;
- Un engagement politique fort.

Le Luxembourg, et particulièrement la ville de Luxembourg, possède des atouts exceptionnels pour servir de laboratoire idéal afin de déployer des projets de démonstrations à large échelle qui valideraient non seulement les solutions technologiques mais aussi les nouveaux modèles commerciaux qui pourraient être reproduits dans des villes similaires.

Dans ce contexte, le Luxembourg, avec deux autres grandes villes, vise à participer au projet européen Horizon 2000 – « Smart Cities and Communities light house projects ».

## 2) Le C3- Cybersecurity Competence Center

Le futur « Cybersecurity Competence Center (C3/Centre de compétence sur la cybersécurité) » de **SECURITYMADEIN.LU** a pour ambition de rendre la cybersécurité tangible et accessible à toutes les parties prenantes (citoyens, start-ups, PME et autres organisations publiques ou privées). Le centre agit comme un catalyseur pour la communauté de la cybersécurité en renforçant les compétences et le partage d'expertise, en favorisant et en créant des synergies entre les acteurs clés ainsi qu'en encourageant une réglementation intelligente et flexible.

C3 a été conçu comme un partenariat public-privé pour assurer la veille des menaces potentielles, les compétences et le savoir-faire en matière de cybersécurité, ainsi que des infrastructures de formation et de test. Il augmentera

l'avantage compétitif du Luxembourg et contribuera à sécuriser l'écosystème émergent dans des domaines tels que **l'Internet des Objets (IdO)**, les **technologies spatiales**, le **FinTech** et la **conduite autonome**. S'appuyant sur des succès tels que CASES et CIRCL, C3 offrira trois infrastructures importantes: **la Threat Intelligence** (renseignements sur les cybermenaces), **la Formation et les Tests**.

- La « threat intelligence » est vitale pour une économie moderne. La capacité à assurer une veille concernant les menaces potentielles réduit l'effort individuel et les coûts pour la cybersécurité tout en augmentant l'efficacité et l'efficience des mesures de protection. Le centre fournira non seulement des renseignements techniques, mais aussi une analyse des menaces contextualisées et des mécanismes de protection, ainsi que des indicateurs et des chiffres nécessaires à la gouvernance.
- La formation et les tests vont au-delà de ce qui est disponible aujourd'hui. Ils mettent en place une infrastructure intelligente, permettant aux entreprises et autres organismes de former leur personnel et de tester leurs procédures et mesures contre les menaces actuelles et émergentes. Cette nouvelle infrastructure associe une formation classique théorique et une technologie de haut niveau pour simuler, de manière proche du monde réel, les environnements des participants, en transférant les compétences techniques, organisationnelles, comportementales et juridiques nécessaires pour identifier, contenir et atténuer les cyber-risques basés sur des scénarios réalistes.

## **B) RECHERCHE, DÉVELOPPEMENT ET INNOVATION**

### **3) Impliquer l'industrie locale et renforcer les partenariats avec les Instituts de sciences appliquées.**

Depuis le début de l'année 2000, le Luxembourg n'a cessé d'augmenter le pourcentage du PIB consacré à la recherche publique. Ces investissements importants ont permis à l'Université du Luxembourg et au LIST (Luxembourg Institute of Science and Technology) de renforcer les compétences dans différents domaines.

Cependant, en termes de recherche publique, trois grands défis doivent être relevés:

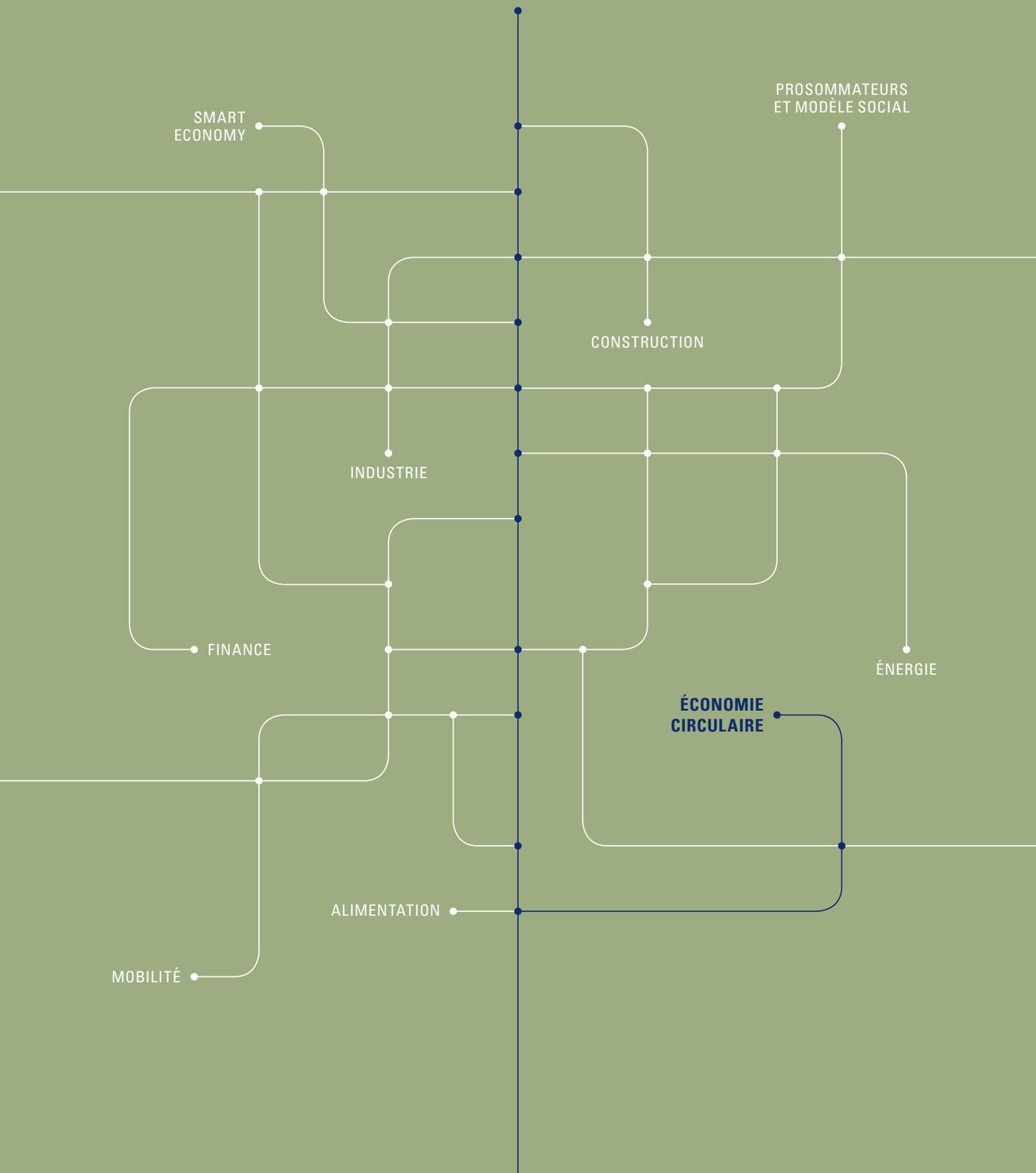
- Se concentrer davantage sur un nombre limité de sujets de recherche liés aux différents piliers de la Troisième Révolution Industrielle (Smart City, y compris la mobilité et l'énergie, Smart Space, Fintech et Smart Manufacturing, y compris les matériaux composites et l'impression 3D);

Couvrir toute la gamme des TRL (Technology Readiness Level /) en mettant l'accent sur la recherche appliquée. En tant que petit pays, le Luxembourg devrait se concentrer sur le financement d'activités qui peuvent avoir un impact immédiat sur le développement économique. Cependant, en parallèle, l'Université et le LIST doivent développer des activités de recherche fondamentale dans des domaines clés afin d'assurer la qualité de la recherche à long terme.

- Améliorer la collaboration entre l'Université et le LIST. Il est de la plus haute importance que ces deux institutions puissent accentuer leur collaboration et mettre en commun leurs ressources sur les différents thèmes de recherche.

Côté financement, il conviendrait de promouvoir les partenariats public-privé (PPP) afin de fournir un soutien financier à la RDI (Recherche, Développement et Innovation), avec le but principal d'utiliser le financement public pour mobiliser un investissement égal ou supérieur de la part du secteur privé. Le Luxembourg devrait définir une forme alternative de PPP en vue des systèmes de collaboration distribués qui caractériseront la société post -Troisième Révolution Industrielle.

# ÉCONOMIE CIRCULAIRE



# APERÇU ÉCONOMIE CIRCULAIRE

## 2016

AUJOURD'HUI



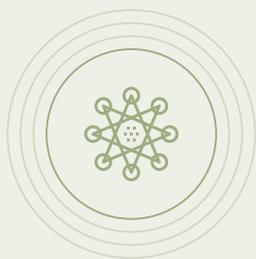
### ÉTAT DES LIEUX

- ▶ La consommation est au centre de la croissance économique
- ▶ Les chaînes d'approvisionnement existantes sont longues et complexes rendant ainsi presque impossible l'identification de tous les matériaux, les composants et les ingrédients
- ▶ Souvent la conception du produit ne permet pas un démontage correct
- ▶ L'infrastructure logistique inverse est mal conçue
- ▶ Une prise de conscience générale de l'économie circulaire reste à être initiée

Chaque euro d'activité économique génère environ

# 2,5 KG

de déchets



### OPPORTUNITÉS

- ▶ Éco-conception
- ▶ Technologie Blockchain pour un transfert sécurisé des données
- ▶ Nouveaux modèles d'entreprise: Payer pour la performance ou le produit-comme-service
- ▶ IdO (Internet des Objets) pour permettre ces nouveaux modèles d'activité
- ▶ Développement de l'infrastructure logistique inverse



LE SURCYCLAGE DE MATÉRIAUX UTILISÉS DANS LA CHAÎNE INDUSTRIELLE DE PRODUCTION CRÉE UNE VALEUR AJOUTÉE



### VISION

**LE LUXEMBOURG SERA LE PREMIER PAYS CIRCULAIRE, DANS LEQUEL DE NOUVEAUX MODÈLES D'ENTREPRISE BASÉS SUR LE PRINCIPE DU PRODUIT COMME SERVICE DEVIENDRONT LA NORME.**

## 2050

DEMAIN

# MESURES STRATÉGIQUES



## *Le récit de la troisième révolution industrielle*

*L'économie circulaire (aussi appelée circularité) est à la fois indispensable à l'augmentation de l'efficacité globale et à la réduction de l'empreinte écologique, et en tant que source de nouvelles innovations avec des bénéfices secondaires multiples. L'économie circulaire est conçue pour imiter les flux de matières et d'énergie dans les écosystèmes matures où les ressources sont continuellement extraites, utilisées, redistribuées et recyclées pour une utilisation future. La circularité s'étend sur trois domaines : la production de biens et services, la consommation et le comportement, et la valorisation des déchets.*

*Ces domaines sont exprimés en sept piliers : approvisionnement durable, écoconception, écologie industrielle, économie fonctionnelle (ou fonctionnalité), consommation responsable, augmentation de la durée de vie et recyclage. L'approvisionnement durable concerne la façon dont les ressources sont extraites dans le but de minimiser l'impact environnemental et optimiser le processus d'extraction. Il est valable pour l'énergie et les minéraux mais aussi pour l'agriculture et la sylviculture. L'écoconception traite toutes les façons d'amélioration des impacts environnementaux des biens en optimisant l'efficacité globale de la matière utilisée, y compris les analyses du cycle de vie. L'écologie industrielle et territoriale sert de médiation à la relation entre la biosphère et les sociétés humaines à travers la connaissance des flux matériels et énergétiques dans les économies. L'économie fonctionnelle met l'accent sur l'utilisation d'un produit plutôt que sur sa possession. La consommation responsable vise à faire des choix économiques basés sur l'évaluation du cycle de vie durable d'un produit ou d'un service. Le recyclage est un processus bien connu par lequel les produits usagés sont réintroduits dans la chaîne de production industrielle. Par exemple, à l'heure actuelle, les petites entreprises fabriquent des imprimés 3D à partir de plastique recyclé, de papier et d'objets métalliques.*

*Il faut souligner que l'économie circulaire est beaucoup plus que le recyclage et la restauration des matériaux utilisés. Le maintien des ressources en circulation*

*aussi longtemps que possible est également un aspect critique de l'économie circulaire. Dans l'économie de partage, la redistribution de l'utilisation du produit implique l'extraction d'une valeur plus élevée avec moins de ressources. Cela entraîne une augmentation de l'efficacité et de la productivité globale. Une évaluation d'Accenture prévoit que dans l'économie mondiale, les économies de matériaux, de recyclage et de restauration seront probablement supérieures à 4,5 billions de dollars d'ici 2030, tout en augmentant la productivité, en réduisant les coûts fixes et marginaux, en créant de nouveaux emplois et en réduisant l'empreinte écologique. Pour chaque euro d'activité économique, l'économie luxembourgeoise génère environ 2,5kg de déchets. Il y a cependant des développements prometteurs dans les secteurs de l'acier et de la chimie, de l'alimentation et de l'agriculture, ainsi que dans les services financiers et le développement des technologies de l'information (entre autres) permettant de suggérer que ces déchets peuvent être réduits au fil du temps tout en augmentant l'efficacité globale et la production économique.*

*Rappelons que l'efficacité cumulée mesure le rapport entre le potentiel de travail et le travail dans chaque conversion économique. Plus l'efficacité globale est élevée moins les matériaux et l'énergie sont gaspillés à chaque étape de la conversion le long de la chaîne de valeur. La construction d'une infrastructure IdO à travers le Luxembourg fournit une plateforme technologique permettant d'augmenter l'efficacité globale et renforcer la circularité à chaque point de conversion de la gestion, l'alimentation et du déplacement de l'activité économique. La plateforme IdO contribue également à la circularité d'une autre manière, à savoir, en réduisant à presque à zéro le coût marginal de production et de distribution de biens virtuels et d'un éventail croissant de biens matériels, l'IdO favorise la croissance de l'économie de partage. L'économie de partage est, par sa nature même, une économie circulaire. Les biens et les services sont redistribués encore et encore, ce qui permet une efficacité beaucoup plus élevée par ressource utilisée.*

# 1 — ÉTAT DES LIEUX

De nos jours, notre réflexion est largement dominée par des mentalités linéaires où l'augmentation de la consommation est au centre de la croissance économique. La plupart des entreprises dirigent leurs activités sur la base de concepts économiques traditionnels. Toutes les infrastructures existantes sont conçues autour de ce modèle linéaire. Continuer de concevoir, construire, et exploiter l'infrastructure économique et l'environnement bâti de façon linéaire, entraîne des risques et des dépenses accrues, y compris des défaillances à l'égard de chocs systémiques, des incertitudes et des imprévus. En revanche, le passage à un modèle circulaire dans la conception, la construction et l'exploitation des infrastructures et du bâtiment va au-delà des caractéristiques réparatrices et améliore les qualités de résilience, qui sont les mieux placées pour répondre aux incertitudes futures. Négliger ou retarder le changement entraîne des rénovations plus coûteuses à l'avenir, ou pire, la fermeture des possibilités de rénovation en raison des coûts excessifs.

Les chaînes d'approvisionnement existantes sont très souvent très complexes et longues et rendent presque impossible aux producteurs finaux d'identifier tous les matériaux, composants et ingrédients qui ont été utilisés dans les produits vendus. La plupart des entreprises ont des fournisseurs implantés en dehors du Luxembourg et de l'Europe. Aujourd'hui, il est presque impossible de connaître la composition exacte d'un produit (jusqu'à des niveaux de parties par million [ppm]). Si l'objectif est de maintenir une circularité de haute qualité tout au long de la phase d'utilisation et de réutilisation (surcyclage) il est essentiel de connaître la composition exacte du matériau. Cette problématique est rendue encore plus complexe par la protection de la propriété intellectuelle.

En outre, au Luxembourg, la mise en œuvre de la circularité à travers les chaînes de valeur est compliquée à cause du stockage et de la sécurité des données. La protection existante de la formulation des produits par les entreprises empêche un échange transparent d'informations. En conséquence, de nombreuses composantes constituant la chaîne d'approvisionnement restent inconnues même pour le fabricant final d'un produit de consommation fini. La technologie blockchain pourrait être une solution. Une collecte de données partagée permettrait à chaque entreprise de suivre les informations sur les matériaux au long de leur chaîne d'approvisionnement et de stocker ces informations de manière sécurisée. Avec un engagement fort en matière de TIC, le Luxembourg pourrait facilement prendre en charge le stockage général de données et le suivi des informations sur les matériaux.

L'infrastructure informatique luxembourgeoise est parmi les meilleures et les plus sûres d'Europe et du monde. Elle devrait être pleinement exploitée afin de générer une activité économique sur une base intersectorielle. Alors que la pensée actuelle au Luxembourg est axée sur la technologie, l'accent n'est pas suffisamment mis sur les ressources chimiques et biologiques ; à savoir sur la façon comment les produits chimiques et les matières biologiques sillonnent dans le

cycle de la chaîne d'approvisionnement technique. En outre, dans certains cas, les réglementations internationales empêchent une approche circulaire.

Les infrastructures existantes sont mal conçues pour la logistique inverse. Le résultat est que les unités de recyclage à grande échelle mélangent de nombreux produits différents dans une seule catégorie de matériaux. De cette manière, toutes les différentes composantes de matériaux se perdent et la qualité ainsi que la valeur économique du mélange résultant ont tendance à être médiocres.

Les acteurs majeurs, tel que la société de télécommunications POST, ont quant à eux pris en compte la question et développé un modèle économique autour de la logistique inverse. Il est opportun d'investir dans la logistique inverse et de la combiner soit avec des compétences techniques (services de réparation) soit avec des emplois peu qualifiés autour de la déconstruction et de la récupération des ressources.

Une prise de conscience générale de l'économie circulaire au Luxembourg reste toujours à être initiée. Le monde des affaires luxembourgeois est de plus en plus intéressé par l'économie circulaire, car elle commence à comprendre le modèle économique et l'avantage économique connexe de la circularité par le biais des chaînes de valeur.

L'éducation et la communication seront essentielles au succès d'une économie circulaire (EC) au Luxembourg. À ce jour, seulement quelques centres de formation en EC sont opérationnels. Des efforts devraient être entrepris pour préparer la main-d'œuvre luxembourgeoise aux principes et pratiques de circularité. Les enseignants doivent également être formés sur ce sujet. Le Luxembourg compte plusieurs organisations (telles que « SuperDrecksKëscht ») qui touchent actuellement un grand nombre d'entreprises et de citoyens et qui pourraient être des acteurs clés pour engendrer une prise de conscience croissante pour l'économie circulaire.

Le secteur financier luxembourgeois joue un rôle essentiel dans la transition vers une économie circulaire. Les investissements initiaux peuvent être supérieurs à ceux du modèle linéaire et des avantages économiques complets ne peuvent être réalisés que lorsque tous les éléments sont en place. Le secteur public pourrait également jouer un rôle essentiel en encourageant le concept de « pay for performance » (rémunération selon performance) dans lequel le retour sur investissements est assuré par l'augmentation de l'efficacité globale et de la productivité, ainsi que par la réduction du coût marginal et de l'empreinte écologique.

Le Luxembourg est également en train de développer l'infrastructure logistique. Au Luxembourg et à l'échelle mondiale, la mobilité évolue rapidement. Des initiatives de partage de voitures et de vélos apparaissent dans de plus en plus de villes alors que la possession d'une voiture devient de moins en moins attrayante. L'accès à la mobilité commence à se substituer à la propriété, en amenant le transport dans la sphère circulaire.

## 2 — VISION

Le Luxembourg sera la première nation circulaire dans laquelle de nouveaux modèles commerciaux basés sur le principe du produit-comme-service deviendront un standard. Tous les marchés seront alignés par rapport à l'économie circulaire. Les contrats seront fondés sur le rendement. Le Luxembourg aura développé un savoir-faire autour de l'écoconception et de l'évaluation du cycle de vie d'un produit. Le Luxembourg disposera d'une infrastructure résiliente adaptée qui favorisera la production, le stockage et le partage local d'énergies renouvelables, des circuits de ressources locaux et courts, un circuit d'eau continu et une logistique inverse. De plus, la nouvelle infrastructure, conçue pour intégrer pleinement les principes de l'EC, sera en mesure de gérer (en termes de stockage et de calcul) un large ensemble de données liées à chaque produit. Le Luxembourg aura créé un cadre légal permettant l'échange d'informations relatives aux produits entre fournisseurs, tout en garantissant un haut niveau de confidentialité. Le système fiscal national supportera les entreprises à mettre en œuvre une approche circulaire. Le Luxembourg acquerra l'expérience technique nécessaire pour procéder à des évaluations du cycle de vie et évaluer le caractère circulaire d'une entreprise. Un réseau local efficace sera soutenu par un secteur financier solide.

Par ailleurs, le Luxembourg mettra en place un système national de mesure pour déterminer la quantité et la qualité des différents flux de matières. Le Luxembourg doit devenir un acteur clé dans la Grande Région afin d'établir des communautés régionales et/ou locales de fournisseurs et le pays contribuera de manière significative à fermer ces circuits. En outre, le Luxembourg établira une série de circuits chimiques et biologiques homogènes.

Les objectifs énoncés ci-dessus seront réalisables si nous intégrons l'écoconception et les principes de base de l'économie circulaire à notre système d'apprentissage continu. Avec la vision circulaire, le mot « gaspillage » n'existe plus. Les gens auront une compréhension plus profonde des cycles chimiques et biologiques et les compétences pour utiliser les dernières technologies afin de créer une société circulaire vertueuse.

Le Luxembourg deviendra un centre d'excellence mondial pour son approche « sûre mais transparente ». Une telle approche responsabilise les prosommateurs et les entreprises en leur fournissant les outils nécessaires pour une approche décentralisée afin de rassembler les matériaux locaux et créer des circuits sans discontinuité conformément à la philosophie consistant à établir une approche distribuée, transparente et démocratique du développement économique.

La plate-forme IdO contribuera à atteindre nombre de ces objectifs. L'interconnectivité fournit la transparence nécessaire pour surveiller les différents flux. Les plateformes Internet connectent les gens et favorisent une économie de partage.

### 3 — STRATEGIC MEASURES

#### A. RÉGLEMENTATION

##### 1. Mettre en œuvre un système fiscal qui place la nation en tant que leader de l'économie circulaire.

Un élément clé de l'économie circulaire est l'internalisation des coûts associés aux externalités encourues au cours des activités économiques. Le Luxembourg adhère déjà aux principes du pollueur-payeur. Un système fiscal novateur qui encourage les actions innovantes du côté de la production par l'utilisation efficace des ressources devrait être introduit. Ces changements systématiques visent à augmenter les impôts sur la consommation de matières premières tout en encourageant la réutilisation de ces composants de haute qualité avec des impôts moins élevés. Grâce à des incitations financières comme la réduction de la taxe sur la valeur ajoutée sur les réparations (chaussures, textiles, bicyclettes) et la déductibilité des coûts de main d'œuvre pour la réparation des appareils électroménagers comme les lave-linge, les réfrigérateurs ou les fours, la société sera motivée à consommer plus durablement. En outre, ces mesures pourraient offrir des possibilités de travail aux travailleurs semi-qualifiés et aider l'artisanat à se réinventer.

Ce revenu fiscal supplémentaire attendu pourrait être utilisé pour réduire les impôts liés au travail afin de favoriser une approche « produit comme un service ». Ces changements dans le système fiscal exigent à amener les critères d'achat du modèle « extraire-fabriquer-jeter » au modèle circulaire de « reprendre-réutiliser-recycler ». Les spécificités devraient être étoffées par un groupe de travail public-privé qui analyserait le fonctionnement de ces systèmes fiscaux dans d'autres pays et qui formulerait des recommandations pour modifier le système.

#### B. POLITIQUE PUBLIQUE

##### 1. Le gouvernement joue un rôle public actif dans la promotion de l'économie circulaire

- Il faudrait identifier et éliminer les barrières et freins qui limitent actuellement les pratiques de passation des marchés publics en ce qui concerne l'achat de produits et de services durables et efficaces en ressources. Un plan d'action en matière d'achats publics doit être mis en place à moyen terme afin d'augmenter le nombre d'acquisitions de produits et de services respectant les principes de l'économie circulaire. Un ensemble de meilleures pratiques devrait être établi.
- Nous recommandons que des réflexions sur la circularité soient intégrées dans le domaine des bâtiments et travaux publics, y compris la conception réversible des bâtiments ainsi que les modèles économiques innovants. Les nouveaux développements de zones économiques devraient également tenir compte des principes de circularité.

## C. ÉDUCATION

### 1. Promotion de nouveaux programmes éducatifs qui aident les étudiants à acquérir de nouvelles aptitudes, de nouvelles compétences et un savoir-faire pour la conception et la production de produits circulaires ainsi que des campagnes de sensibilisation à grande échelle pour le grand public

L'événement CE Hotspot 2017 doit servir à faire connaître les initiatives existantes :

- Des campagnes de communication nationales devraient être menées pour promouvoir les idées de l'EC.
- La formation et les compétences de l'EC devraient être intégrées dans le système éducatif luxembourgeois tant dans les écoles primaires et secondaires, dans les universités que dans les programmes d'apprentissage continu.
- Les programmes d'enseignement actuels devraient être revus sous les aspects EC pour chaque niveau scolaire. Des projets pilotes pourraient être lancés dans différents systèmes scolaires.
- La RDI publique (Université) et la RDI du secteur privé doivent s'aligner et tirer parti de leurs efforts.

Des programmes de recherche sur les solutions technologiques et l'innovation dans les technologies pour énergies renouvelables, le stockage de l'énergie et le transport d'énergie devraient être activement soutenus par le gouvernement.

## D. BUSINESS MODEL INNOVANT

### 1. Promouvoir la conception circulaire de produits et de nouveaux modèles d'entreprise (produit-comme-service) et des fournitures circulaires. Développer un passeport du matériel et résoudre les problèmes de confidentialité et de propriété intellectuelle

- Les produits susceptibles d'être déplacés du schéma traditionnel « acheter et posséder » à « utiliser en tant que service » devraient être identifiés et promus (par le biais de contrats de marché public, « payer pour la performance » ou en donnant la préférence à « l'usage » plutôt qu'à la possession d'un produit)

Pour les machines agricole et les jouets, quelques exemples de « produit-comme-service » existent déjà au Luxembourg. Le Luxembourg devrait élaborer et mettre en œuvre des normes juridiques minimums pour une conception saine et démontable et mettre en œuvre des projets d'infrastructure qui pourraient être démantelés pour une réutilisation de plus haute qualité.

- La conception circulaire devrait devenir un module obligatoire dans l'enseignement technique.
- Tous les bâtiments et équipements de grande taille devraient être munis d'un passeport du matériel (obligation légale).
- Un nouveau label européen d'économie circulaire (EC) devrait être créé et promu.
- Les passeports de matériaux, intégrés avec la technologie blockchain, pourraient assurer le suivi continu des produits (et de leur composition) tout en respectant et en préservant la confidentialité de l'auteur. La blockchain est un registre distribué qui crypte les transactions qui sont également vérifiables et semble être un outil utile pour suivre, mesurer et valider les flux de déchets, la pollution et l'utilisation générale des ressources. La composition des matériaux et les méthodes de montage seraient ainsi toujours traçables et contribueraient à déterminer la valeur économique restante. La technologie blockchain constitue une solution pour les données confidentielles de produits qui sont vitales pour une connaissance détaillée du matériau.

## **2. Engager la communauté agricole :**

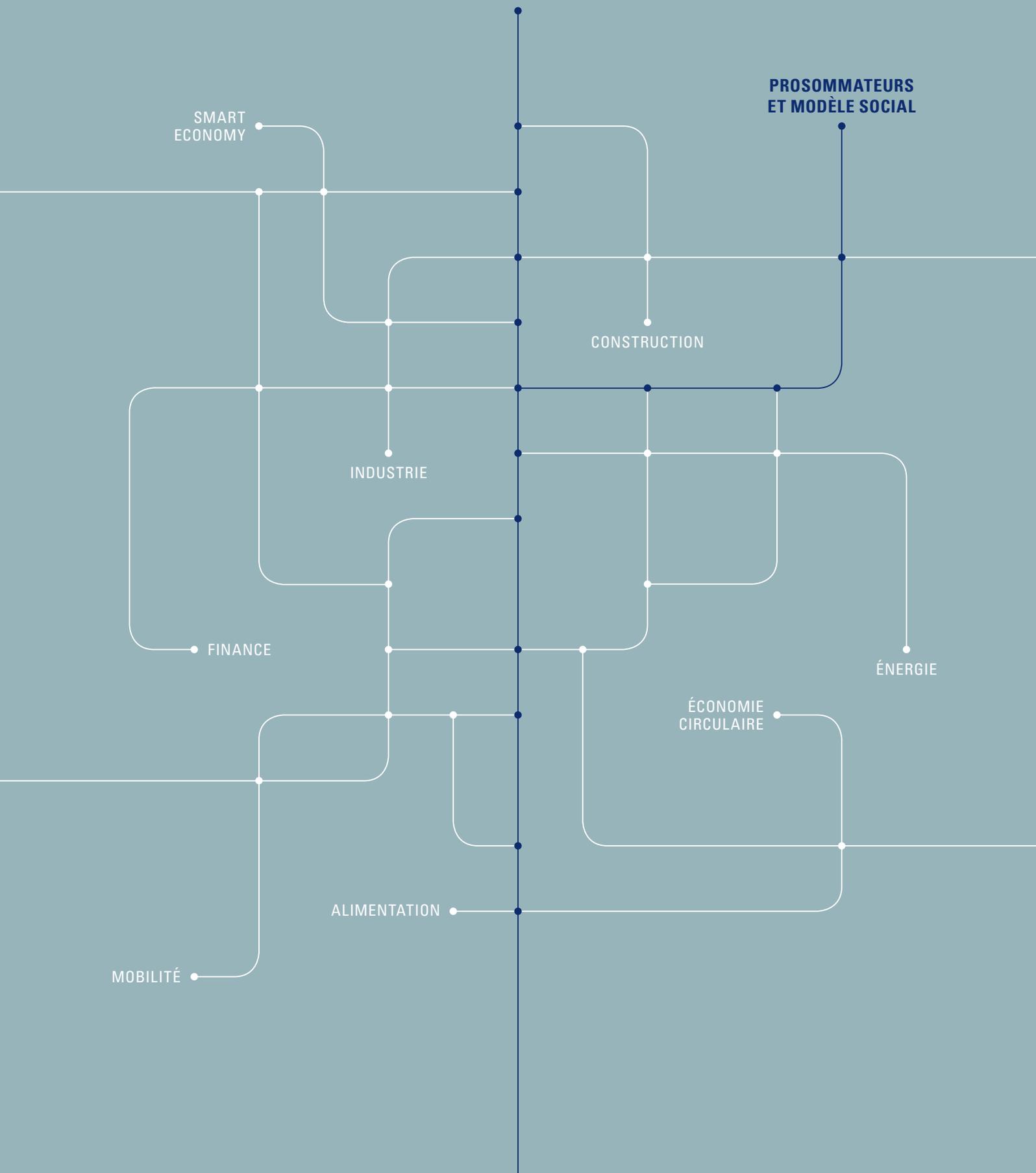
### **a) à produire de l'énergie éolienne et solaire photovoltaïque en tant que cultures de rente**

Environ 52,6 % de la superficie totale de la nation se compose de terres agricoles. Les possibilités de faire une transition vers l'énergie renouvelable intelligente en installant des équipements d'énergie solaire photovoltaïque et/ou des éoliennes pourraient fournir un revenu additionnel précieux pour les agriculteurs ruraux. Des coopératives énergétiques pourraient être mises en place pour réaliser cette opportunité pour la communauté agricole.

### **b) en réintroduisant le carbone dans le sol tout en favorisant les échanges locaux et les produits biologiques**

Les méthodes de culture régénératives pourraient améliorer sensiblement la qualité de la couche arable dans nos terres agricoles. Lorsque le carbone participe à la construction de sols riches en humus il peut y être piégé à long terme. Les sols sont globalement les plus grands réservoirs de CO<sub>2</sub>, plus grands encore que les océans et les forêts. La photosynthèse réintroduit le carbone dans le sol épuisé dans lequel il joue un rôle essentiel dans la formation de l'humus et dans l'amélioration de la vie du sol, y compris les cultures de champignons et les bactéries. Un sol de haute qualité améliore en outre les capacités de rétention d'eau. Cela nécessite des projets pilotes pour étudier et quantifier les impacts positifs potentiels sur la qualité des couches arables et la capacité de rétention d'eau. Ce développement de l'agriculture biologique/écologique élargie et la promotion des produits locaux et biologiques nécessite un soutien politique.

# PROSOMMATEURS ET MODÈLE SOCIAL



# APERÇU PROSOMMATEURS ET MODÈLE SOCIAL

## 2016

AUJOURD'HUI



### ÉTAT DES LIEUX

- ▶ Carrefour cosmopolite au cœur de l'Europe et moteur de la Grande Région
- ▶ Le modèle économique et le mode de vie sont marqués par une culture du jetable et principalement orientés vers une consommation linéaire intensive en ressources
- ▶ Les systèmes de sécurité sociale et de santé publique nécessitent une croissance permanente du PIB pour être viables
- ▶ Croissance attendue de la population résidente nationale et étrangère et augmentation pronostiquée des navetteurs frontaliers
- ▶ Enjeux de mobilité et environnementaux, hausse des prix des logements, défis socioculturels
- ▶ 16,4% de la population était en risque de pauvreté après transferts sociaux en 2014



### DÉFIS ET OPPORTUNITÉS

- ▶ Impacts sur les entreprises, les possibilités d'emploi, l'environnement de travail, l'éducation, la santé et autres
- ▶ Participation citoyenne pour induire une mutation socioculturelle et des changements de mentalité
- ▶ Économie communautaire caractérisée par la puissance latérale, les biens communs et le capital social



**INCLURE LES ACTEURS SOCIO-ÉCONOMIQUES ET LES CITOYENS POUR STIMULER UN LARGE DÉBAT PUBLIC SUR LA CONFIGURATION FUTURE DU LUXEMBOURG**



### VISION

**LES GENS SONT AU CŒUR DE LA TROISIÈME RÉVOLUTION INDUSTRIELLE**

**SENSIBILISER ET FAMILIARISER LA POPULATION AVEC LE CONCEPT HOLISTIQUE DE LA TIR, Y COMPRIS SES PRINCIPES FONDAMENTAUX COMME LES COMMUNAUX COLLABORATIFS, LA DURABILITÉ ET LA CIRCULARITÉ**

**METTRE EN ŒUVRE DE NOUVEAUX INDICATEURS DE « QUALITÉ DE VIE » POUR MIEUX ÉVALUER LA PERFORMANCE SOCIALE, ÉCONOMIQUE ET ENVIRONNEMENTALE**

## 2050

DEMAIN

# MESURES STRATÉGIQUES



## *Le récit de la troisième révolution industrielle*

*Le capitalisme est en train de donner naissance à une progéniture. Celle-ci s'appelle l'économie de partage sur les communaux collaboratifs. C'est le premier système économique nouveau à entrer sur la scène mondiale depuis l'avènement du capitalisme et du socialisme au début du XIX<sup>e</sup> siècle, ce qui en fait un remarquable événement historique. L'économie de partage change la façon dont nous organisons la vie économique et nous offre la possibilité de réduire considérablement les inégalités de revenu, de démocratiser l'économie mondiale et de créer une société plus écologique et durable. Dans la mesure où le capitalisme peut créer de nouveaux modèles et pratiques économiques qui soutiendront le développement de l'économie de partage, il va prospérer ensemble avec son descendant.*

*L'agent déclencheur qui provoque cette grande transformation économique est le coût marginal zéro engendré par la numérisation de la communication, de l'énergie et des transports, et maintenant l'introduction de la plateforme de l'Internet des Objets (le coût marginal est le coût de production d'une unité supplémentaire d'un bien ou d'un service après l'amortissement des coûts fixes). Les entreprises ont toujours recherché de nouvelles technologies qui pourraient augmenter la productivité et réduire le coût marginal de production et de distribution de biens et services, afin de réduire leurs prix, gagner des consommateurs et des parts de marché, et redistribuer les bénéfices à leurs investisseurs. Ils n'ont jamais anticipé une révolution technologique numérique qui pourrait déclencher une « productivité extrême », qui ramènerait les coûts marginaux proche de zéro, rendant l'information, l'énergie et de nombreux biens et services physiques presque gratuits, abondants et non plus soumis aux échanges du marché. Cela commence maintenant à se produire.*

*Au cours de la dernière décennie, le phénomène des coûts marginaux presque nuls a fait des ravages dans les industries des « biens d'information », alors que des millions de consommateurs devenaient des prosummateurs et commençaient à produire et partager leur propre musique via des services de partage de fichiers, leurs propres vidéos sur YouTube et leurs propres connaissances sur Wikipédia, leurs propres informations sur les réseaux sociaux, et même leurs propres livres électroniques gratuits sur le World Wide Web. Le phénomène du coût marginal zéro a mis l'industrie de la musique à genoux, a secoué l'industrie cinématographique, a évincé les journaux et les magazines, et a paralysé le marché de l'édition de livres.*

*Actuellement, six millions d'étudiants sont inscrits à des formations en ligne ouvertes à tous (MOOC - Massive Open Online Course), qui fonctionnent à un coût marginal proche de zéro et sont enseignés par certains des professeurs les plus renommés du monde, recevant des validations (crédits) universitaires, et obligeant les universités à repenser leur coûteux modèle d'entreprise.*

*Bien que de nombreuses industries traditionnelles aient souffert, le phénomène du coût marginal zéro a également donné naissance à une série de nouvelles entreprises, dont Google, Facebook, Twitter et YouTube, et des milliers d'autres entreprises internet qui ont récolté des bénéfices en créant de nouvelles applications et en établissant les réseaux qui permettent à l'économie de partage de prospérer.*

*Les économistes reconnaissent le puissant impact que le coût marginal zéro a eu sur les industries des biens d'information, mais jusqu'à récemment, ils faisaient valoir que cet impact ne traverserait pas la barrière virtuelle pour entrer dans le monde de l'économie traditionnelle de l'énergie et des biens physiques et services. Une brèche a maintenant été ouverte.*

*La plateforme de l'Internet des Objets est en train d'émerger, permettant à des millions - et bientôt des centaines de millions - de prosommateurs de produire et de partager leur propre énergie, de partager des véhicules, de partager des logements et de partager une gamme croissante de produits imprimés 3D à un coût marginal faible ou proche de zéro.*

*Dans l'économie de partage numérisée, le capital social est aussi vital que le capital de marché, l'accès est aussi important que la propriété, la durabilité l'emporte sur le consumérisme, la collaboration est aussi cruciale que la concurrence, l'intégration virtuelle des chaînes de valeur cède la place aux économies d'échelle latérales, la propriété intellectuelle fait place au principe de source libre et aux licences « Creative Commons », le PIB devient moins pertinent et les indicateurs sociaux deviennent plus précieux pour mesurer la qualité de vie de la société. Enfin une économie basée sur la pénurie et le profit rivalise avec une société du coût marginal zéro où une gamme croissante de biens et services sont produits et partagés gratuitement dans une économie d'abondance.*

*La croissance exponentielle de l'économie de partage soulève un certain nombre de questions politiques et réglementaires essentielles qui devront être abordées par le Luxembourg. De nouveaux règlements devront être décidés pour assurer l'accès aux prestations de sécurité sociale et le bien-être général d'une main-d'œuvre indépendante croissante. Des politiques réglementaires supplémentaires devront être adoptées pour promouvoir des règles de jeu équitables entre l'économie de marché et l'économie de partage.*

# 1 — ÉTAT DES LIEUX

Bien que le Luxembourg soit un État souverain, son appartenance à l'Union européenne est cruciale pour accélérer sa transition vers la Troisième Révolution Industrielle (TIR). En tant que carrefour cosmopolite au cœur de l'Europe et moteur de la Grande Région, l'ouverture du pays et sa capacité à se réinventer et à s'adapter aux conditions changeantes sont des éléments clés du développement socio-économique du Luxembourg.

La démographie joue un rôle essentiel au Luxembourg. La dynamique démographique montre une forte augmentation de la population totale, avec un taux de croissance plus élevé pour les étrangers que pour les nationaux. En outre, le nombre d'habitants pourrait presque doubler au cours des 35 prochaines années. Au 1<sup>er</sup> janvier 2016, les étrangers représentaient 46,7% de la population, la plupart étant originaires de l'UE. Cela conduit à une situation complexe de multilinguisme au Luxembourg. Les flux migratoires sont un défi pour le développement sociétal et la cohabitation.

Le modèle socio-économique du Luxembourg repose sur une économie sociale de marché, impulsée par une croissance économique étendue et caractérisée par la concurrence, l'intérêt personnel, les droits de propriété, l'autonomie et la recherche de gains matériels inhérents à l'ordre économique capitaliste. Le modèle économique et le mode de vie sont marqués par une culture du jetable et principalement orientés vers une consommation linéaire intensive en ressources.

Le généreux système national de sécurité sociale - en particulier le régime de pension - exige une croissance annuelle persistante du produit intérieur brut (PIB) pour être viable. Les mesures conventionnelles du PIB considèrent exclusivement la somme totale des biens et des services produits sans tenter de différencier la croissance économique négative et positive. Ni les externalités de production et de consommation - économiques, sociales ou environnementales - ni l'utilité, la pertinence ou la nocivité des activités, des produits et des services ne sont prises en compte dans l'évaluation de la croissance économique. Une augmentation du PIB est générée soit en augmentant l'emploi, soit en renforçant la productivité. Actuellement, la croissance économique repose essentiellement sur la création de nouveaux emplois, ce qui signifie que le Luxembourg doit attirer, nourrir, transporter et loger chaque année des milliers de résidents ou de travailleurs frontaliers supplémentaires. Ce développement s'accompagne d'effets secondaires négatifs et indésirables, et pourtant à peine évitables, tels que les problèmes de mobilité, les questions environnementales, la hausse constante du prix des logements et les défis socioculturels, notamment dans la scolarité et l'éducation. Comme l'espace et la plupart des ressources naturelles sont limités, ce système n'est pas durable et ne peut pas être maintenu sans fin. La transition vers la Troisième Révolution Industrielle augmentera considérablement l'efficacité globale et facilitera les gains de productivité à travers les chaînes de valeur entières pour conduire à un développement économique plus qualitatif et durable.

Le marché du travail luxembourgeois est dominé par l'emploi salarié tandis que le travail autonome et l'entrepreneuriat sont plus faibles. Tout comme la population résidente, la main-d'œuvre active est très hétérogène et comprend un segment élevé et toujours croissant de navetteurs frontaliers.

Bien que dans les comparaisons internationales le Luxembourg est régulièrement classé parmi les pays les plus riches du monde, la pauvreté et les inégalités sociales liées au revenu et à la propriété existent. Selon l'indicateur Europe 2020 d'Eurostat, 16,4% de la population au Luxembourg était en risque de pauvreté après transferts sociaux en 2014. À mesure que le fossé se creuse, les disparités risquent d'entraîner une érosion continue de la cohésion sociale.

## 2 — VISION

### **Les gens sont au cœur de la Troisième Révolution Industrielle.**

Le groupe de travail « Prosommateurs et modèle social » a abordé la Troisième Révolution Industrielle sous l'angle des citoyens, des consommateurs et de la population active, et au regard des questions économiques, professionnelles, sociétales et réglementaires. L'objectif était d'identifier et de discuter des opportunités, des défis et des effets connexes qui pourraient se présenter pendant la transition. Étant donné que les innovations technologiques sont inextricablement liées à des changements de mentalité et à des mutations socioculturelles, la prise en compte de la dimension humaine et la recherche de valeurs communes devrait encadrer la transition vers un modèle socio-économique durable.

La participation de toutes les parties prenantes nationales est un facteur clé de la réussite et correspond parfaitement au paradigme des « communaux collaboratifs » inhérent à la TIR. Les autorités publiques devraient s'efforcer de promouvoir la protection et la cohésion sociale, la préservation de l'environnement et une qualité de vie stable, couvrir les besoins d'autonomie, de santé, de logement, d'une alimentation saine, de mobilité, de repos et de ressourcement, défendre le bien-être et l'intérêt des citoyens, et s'occuper des personnes faibles et vulnérables. Pour permettre et faciliter la transition, l'État doit fournir l'infrastructure nécessaire pour permettre à l'activité économique de s'épanouir, y compris l'infrastructure matérielle telle que les routes, les équipements de télécommunication performants et les réseaux énergétiques adaptés, ainsi que les cadres immatériels comme la législation, la réglementation et les stratégies politiques. Pour soutenir la transition, et afin d'accroître l'acceptation nationale de la TIR, les autorités publiques devraient encourager davantage la participation proactive de citoyens engagés qui sont conscients de leurs responsabilités, de leurs droits et obligations dans le processus décisionnel économique, social et politique que comporte la Troisième Révolution Industrielle. Il est nécessaire de sensibiliser et faire prendre conscience en particulier de la biosphère pour que le développement futur se concentre sur la résilience économique, sociétale et environnementale.

La littératie, par le biais de l'éducation et de la formation, est cruciale pour introduire la (r)évolution industrielle et sociétale. La population doit être familiarisée avec le concept holistique de la TIR, y compris les principes fondamentaux comme les communaux collaboratifs, la durabilité et la circularité. Des compétences transversales telles que l'adaptabilité, la réactivité, la pensée critique et la réflexion, le réseautage, l'autonomisation et la participation sont des facteurs clés pour apporter des changements économiques et sociétaux positifs. La TIR change la façon dont la connaissance est diffusée. Des salles de classe numériques, des formations en ligne ouvertes à tous et des concepts de savoir libre font de l'éducation une expérience partagée parmi une communauté de pairs. Devenir numériquement avisé signifie prendre la responsabilité d'améliorer son

capital social personnel, tout en s'engageant et en se connectant à la fois localement et globalement pour cultiver le capital social, civique et intellectuel. La stratégie Digital(4)Education du Ministère de l'Éducation nationale, de l'Enfance et de la Jeunesse soutient des nouvelles stratégies d'apprentissage et des projets pédagogiques novateurs utilisant les technologies numériques. Les sciences et la technologie sont promues par le développement, le financement et le lancement de projets pertinents. L'intérêt des jeunes pour les TIC et les possibilités de carrière connexes est plus susceptible d'être stimulé en approchant la numérisation non seulement par des applications du côté de l'utilisateur, mais aussi via la perspective du développeur et producteur.

Dans les secteurs de la santé et des soins, la médecine personnalisée est une tendance croissante. Les applications TIC et la technologie des capteurs permettent l'auto-suivi des paramètres du corps pour quantifier la biométrie, y compris le rythme cardiaque, l'insuline et les niveaux de cortisol. La technologie peut être utilisée pour la surveillance et l'assistance médicale à distance. Les TIC et la plateforme de l'Internet des Objets permettent également aux professionnels de la santé de suivre la propagation des épidémies et d'informer la population dans les situations où la santé publique est menacée. Avec la création d'une agence nationale des informations partagées dans le domaine de la santé (Agence eSanté), le Luxembourg a fait un premier pas important vers la numérisation dans la santé publique. L'agence met à disposition des dossiers médicaux individuels électroniques (Dossier de Soins Partagé) afin de faciliter l'échange d'information entre les professionnels de la santé et les patients et améliorer l'assistance au patient.

La numérisation et la Troisième Révolution Industrielle influent sur le milieu de travail. La diffusion massive d'outils numériques modifie la manière dont le travail est organisé, structuré et réalisé. La numérisation crée de nouvelles opportunités telles que le travail à distance, la flexibilisation des heures de travail et les équipes virtuelles. Le revers de la médaille est une accélération du travail, de nouvelles procédures de commande et de contrôle et le risque de surcharge d'information et de communication. En outre apparaissent de nouveaux défis en matière de gestion et de formation. Afin de faire bénéficier à la fois les employeurs et les employés, les enjeux relatifs à l'équilibre entre le travail et la vie privée et les questions juridiques correspondantes devront être abordées.

La Troisième Révolution Industrielle affecte également les possibilités d'emploi. De nouveaux emplois sont créés (nouveau secteurs, produits, services, etc.), tandis que d'autres sont détruits (automatisation, algorithmes informatiques, etc.). Le progrès technologique transforme aussi les tâches (numérisation, interfaces homme-machine intelligentes, etc.) et peut contribuer à l'externalisation des emplois (plateformes d'intermédiation numérique, « crowd-sourcing », etc.). En outre, les services à la demande sont en train d'augmenter et pourraient entraîner une baisse en contrats de travail permanents tandis que le

travail indépendant et les recrutements flexibles, spécifiques à un projet et temporaires, pourraient devenir plus fréquents. L'effet net sur le nombre d'emplois disponibles est difficile à évaluer puisqu'il dépend de différents facteurs tels que les évolutions et retombées macroéconomiques, le secteur d'activité, le degré potentiel d'automatisation de la tâche et les qualifications de la main-d'œuvre. Au cours des prochaines décennies, la mise en place d'une infrastructure TIR nécessitera une main-d'œuvre qualifiée, non seulement dans le commerce, la construction et l'industrie, mais aussi en R&D afin de développer des technologies et des matériaux adéquats. Le personnel qualifié sera indispensable pour entretenir et gérer ces infrastructures. Une fois la Troisième Révolution Industrielle entièrement mise en œuvre, le circuit économique sera largement automatisé et un transfert d'emplois vers le secteur social est susceptible de se produire, y compris vers la santé et les soins, l'éducation, l'activité culturelle et artistique, la protection de l'environnement, le sport et le divertissement. Ces secteurs exigent un engagement humain et un capital social qui ne peuvent pas être robotisés.

La Troisième Révolution Industrielle annonce un âge collaboratif caractérisé par une puissance latérale, une répartition équilibrée, l'interaction entre pairs, le capital social, la participation aux biens communs ouverts (« open commons ») et l'accès aux réseaux mondiaux. Une économie hybride, constituée en partie d'un marché capitaliste et en partie d'une économie de partage sur les communaux collaboratifs a déjà émergé.

Le passage à une économie de partage avec des prosommateurs est autant une question relative aux valeurs partagées de la société que du cadre technologique. Le partage collaboratif requiert un niveau élevé de confiance entre les acteurs. Les principes de base de ce nouveau modèle économique sont d'optimiser le taux d'utilisation des biens sous-utilisés, de favoriser l'accès plutôt que la propriété (produit comme un service), de créer des incitations pour prolonger la longévité des biens produits et de contribuer ainsi à une réduction de la consommation de ressources. L'aspect collaboratif fait référence aux réseaux d'individus et de communautés connectés, en encourageant la consommation collaborative basée sur le partage, l'échange, la vente ou la location de produits et de services. Le but des activités de partage ainsi que les motivations qui poussent les gens peuvent être économiques (gains monétaires, réduction des coûts, etc.) ou fondées sur des valeurs non monétaires (société, environnement, commerce équitable et local, etc.). Étant donné la multitude de formes d'organisation et de modèles d'activité possibles, l'économie de partage n'a pas encore de définition commune. Une classification utile peut être établie suivant deux dimensions : premièrement, la propriété et le contrôle de l'infrastructure qui peuvent varier entre centralisé et distribué, et deuxièmement la polarité entre l'accumulation de capital et l'accumulation d'actifs communaux. L'économie de partage peut prendre plusieurs formes, à savoir, des modèles économiques globaux d'extraction de richesse à des modèles locaux, coopératifs et créateurs de richesse.

L'utilisation d'une plateforme numérique est la forme organisationnelle dominante. L'économie de plateforme crée de nouvelles opportunités d'affaires, des emplois et de nouvelles sources de revenu. Du point de vue des travailleurs, les conditions de travail et la sécurité sociale sont les principaux enjeux, dont notamment le statut des travailleurs (salariés ou indépendants). La classification dépend du degré de subordination ou de dépendance entre le prestataire de services et la plateforme d'intermédiation et elle est essentielle en termes d'assurance, d'heures de travail, de sécurité au travail, etc. La qualité du travail (formel ou informel) et les possibilités de revenu sont des questions connexes. Comme les activités de partage consistent souvent en des micro-transactions avec un chiffre d'affaires limité, ils peuvent autant accroître les inégalités que stimuler de nouvelles opportunités économiques. L'externalisation du travail à un public indéfini (crowdsourcing) provoque la concurrence entre les travailleurs au niveau mondial. Dans ce cas, il est important d'éviter le contournement des normes sociales.

Établir des conditions équitables entre l'économie de marché et l'économie de partage devient une priorité urgente. Des réglementations et des obligations légales équitables devraient encadrer les activités similaires afin d'assurer une concurrence loyale. Cependant, dans l'économie de partage, une distinction doit être faite entre les professionnels et les personnes n'opérant leur activité qu'occasionnellement. Les critères correspondants doivent être fixés par règlement. Une approche de différenciation pourrait consister à utiliser des seuils qui prennent en compte le niveau de revenu généré ou la régularité avec laquelle le service est fourni. Il est important de s'assurer que tous les acteurs respectent leurs obligations légales, fiscales et sociales. Le cadre légal correspondant devrait être clarifié ou précisé si nécessaire. La distinction ci-dessus touche également les droits des consommateurs, les garanties, la qualité des produits, ainsi que les normes de sécurité et d'hygiène imposées. Les renseignements pertinents pour les consommateurs devraient être clairs et librement accessibles.

Actuellement, des chiffres officiels sur l'étendue et l'acceptation de l'économie de partage ainsi que des statistiques sur sa contribution au PIB et sur les revenus fiscaux sont encore manquants au Luxembourg, tout comme des informations fiables sur la motivation des personnes à participer ou pas à l'économie de partage. Le manque de données entrave l'élaboration de politiques pertinentes. Cependant, les plateformes d'intermédiation numérique ont créé de nouvelles opportunités pour résoudre partiellement ces problèmes, grâce à une collecte, une traçabilité et une mesure des données plus nombreuses.

La transition vers la Troisième Révolution Industrielle devrait être accompagnée de la mise en place d'indicateurs de « qualité de vie » pour évaluer la performance socio-économique. Des efforts à ce sujet sont déjà en train d'être mis en place au Conseil économique et social du Luxembourg. Le projet « PIBien-être » et les travaux récents pour définir un nouvel ensemble d'indicateurs

devraient permettre au Luxembourg de relier les questions économiques, sociales et environnementales à la performance et d'évaluer la compétitivité du Luxembourg. Ces efforts en cours devront bientôt entrer dans leur phase de mise en œuvre.

La publication de l'étude TIR ouvre la voie à un large débat public fondamental sur la configuration future du Luxembourg. Pour faire en sorte que la Troisième Révolution Industrielle soit un succès, il est important d'impliquer toutes les parties prenantes ainsi que la population dans son ensemble. En raison de l'hétérogénéité de la population résidente et active cela pourrait devenir un défi particulier pour le Luxembourg. Les préoccupations et les réticences possibles envers l'omniprésence de la technologie, le suivi et l'exploration des données, la surveillance de masse et d'autres questions similaires doivent être prises au sérieux pour favoriser l'acceptation de la TIR au sein de la population. Afin de renforcer la cohésion sociale et de réduire les inégalités, les gains réalisés par la TIR devraient être répartis de manière équitable et bénéficier à la société dans son ensemble. Comme la TIR est à forte intensité de capital, il faudrait revoir la répartition entre la fiscalité du capital et celle du travail. Les incitations à investir dans des technologies TIR plus propres pourraient activer la transition. L'élaboration de politiques équilibrées qui permettent l'innovation et le développement économique durable tout en maintenant les acquis sociaux et en protégeant l'intérêt public sera un défi permanent.

### 3 — STRATEGIC MEASURES

#### A. RÉGLEMENTATION

##### **Numéro de TVA personnel pour l'entrepreneuriat de l'économie de partage**

Pour encourager l'entrepreneuriat de l'économie de partage, les pouvoirs publics pourraient systématiquement fournir un numéro de TVA personnel à chaque citoyen ou résident, ou une inscription au Registre du Commerce et des Sociétés, reconnaissant de fait tout le monde comme un entrepreneur et un prosommateur social. Pour permettre une « prosommation » dynamique, le numéro de TVA devrait être rattaché à la personne, et non à une activité spécifique, pour qu'un entrepreneur social puisse pratiquer simultanément, ou au fil du temps, différentes activités de l'économie de partage sous le même numéro de TVA.

##### **Régulation de l'économie de partage**

En adoptant des règlements législatifs adaptés, le Luxembourg pourrait soutenir à la fois les consommateurs et les entreprises à s'engager avec confiance dans les activités de l'économie de partage. La sécurité juridique est une condition préalable à un développement économique sain. L'agenda européen de l'économie collaborative, présenté par la Commission européenne le 2 juin 2016, pourrait donner des orientations. Les règlements devraient couvrir différents aspects de l'économie de partage. La distinction entre les acteurs professionnels et les personnes privées opérant uniquement de façon occasionnelle doit être établie par des critères et des seuils explicites. Pour assurer une concurrence loyale, les activités professionnelles devraient se conformer à des normes comparables à celles qui régissent les entreprises de l'économie de marché. Cela concerne par exemple les autorisations d'établissement, les normes de protection et de sécurité, les actes de garantie, ainsi que des obligations fiscales et de sécurité sociale. En outre, la réglementation devrait viser à créer des emplois formels pour les travailleurs de l'économie de partage – là où c'est possible – pour assurer un maximum de sécurité sociale. Il est important de prévenir le contournement des lois du travail et des normes sociales.

#### B. POLITIQUE PUBLIQUE

##### **Analyser les activités de l'économie de partage au Luxembourg**

Pour pouvoir élaborer des politiques bien fondées et pertinentes, il est nécessaire d'évaluer l'étendue et l'impact des activités de l'économie de partage au Luxembourg, en particulier sa contribution au PIB et aux recettes fiscales, ainsi que le nombre et la qualité des emplois générés. Entre autres ces informations sur les activités de partage devront être suivies et incluses dans un ensemble élargi de données pour façonner les stratégies politiques.

Une enquête spécifique sur la motivation des personnes à participer à l'économie de partage devrait également être conduite. Cela pourrait aider à évaluer les impacts économiques, sociaux et environnementaux de l'économie collaborative.

### **Plateforme web de l'économie de partage**

Une plateforme numérique pour soutenir les activités de l'économie de partage devrait être développée. Elle devrait être conçue comme un guichet unique national pour tout ce qui concerne l'économie de partage. Cet outil basé sur le web devrait inclure plusieurs fonctions et applications.

Tout d'abord, la plateforme devrait être utilisée pour suivre et mesurer les activités de l'économie de partage afin de faciliter la tâche de collecte des données statistiques et d'évaluation des impôts. L'utilisation de la plateforme devrait être obligatoire pour tous les acteurs (sites d'intermédiation, propriétaires et travailleurs, vendeurs et acheteurs, producteurs et utilisateurs, prosommateurs, etc.). La technologie Blockchain pourrait être utilisée comme un outil d'enregistrement afin d'intégrer la sécurité dans les chaînes de valeur et d'enregistrer les transactions.

Deuxièmement, la plateforme devrait être utilisée pour informer tous les acteurs de l'économie de partage de leurs droits et obligations légales. Elle devrait diffuser des informations spécifiques pour les opérateurs de plateformes, les prestataires et les utilisateurs.

Enfin, la plateforme pourrait servir de réseau d'innovation collaborative (collaborative innovation network, CoIN) et fournir un service clé en matière d'éducation, d'information et de motivation pour aider à construire l'économie de partage en tirant parti du capital humain, social, civique et intellectuel et en assurant un capital financier suffisant (crowdfunding). La plateforme CoIN pourrait faciliter une interaction animée entre les citoyens déjà actifs ou désireux de le devenir dans l'une ou l'autre des facettes de l'économie de partage. En outre, la plateforme pourrait fournir un inventaire continuellement mis à jour des activités de l'économie de partage au Luxembourg.

### **Campagne de communication TIR et débat public**

L'étude sur la stratégie de Troisième Révolution Industrielle au Luxembourg devrait devenir l'instrument principal d'un débat public large et fondamental sur l'avenir économique et sociétal du pays. Pour soutenir une transition économique et le changement socioculturel associé, une campagne de communication multilingue devrait être entreprise afin de familiariser la population et tous

les acteurs socio-économiques, non seulement avec la stratégie, les objectifs et les motivations TIR du Luxembourg, mais aussi avec le concept général de TIR et son approche holistique, y compris les principes fondamentaux tels que les communaux collaboratifs, la durabilité et la circularité.















Pour accéder à l'étude stratégique intégrale  
de la 3<sup>ème</sup> Révolution Industrielle Lëtzebuerg,  
rendez-vous sur le site web : [www.tirlux.lu](http://www.tirlux.lu)

This study was commissioned by the Grand Duchy of Luxembourg on terms that limit the liability of the TIR Consulting Group LLC for the Third Industrial Revolution Strategy Study. The analysis and conclusions presented in the report result from the exercise of our best professional judgment, informed in large part by materials and information available from a variety of sources. Use of the report by a third party, for whatever purpose, should not and does not absolve such third party from using due diligence in verifying the report's contents for its own specific purposes. Any use of the document and any reliance on or decisions based on it are the responsibility of those individuals, organizations or businesses that use it. The TIR Consulting Group LLC makes no warranty or representation as to the content or accuracy of the content of the commissioned report and does not accept any duty of care or liability of any kind whatsoever to any prospective user, and is not responsible for damages, if any, which may be incurred by that user as a result of decisions made or not made, or any actions taken or not taken, based on the report.