

STRATÉGIE NATIONALE DE LA RECHERCHE ET DE L'INNOVATION

POUR LE LUXEMBOURG

PRÉFACE	5
----------------	---

INTRODUCTION	7
---------------------	---

RECHERCHE POUR « LUXEMBOURG 2030 »

COMMENT REMPLIR LA MISSION **8**

Gouvernance, infrastructures et politiques coordonnées	10
--	----

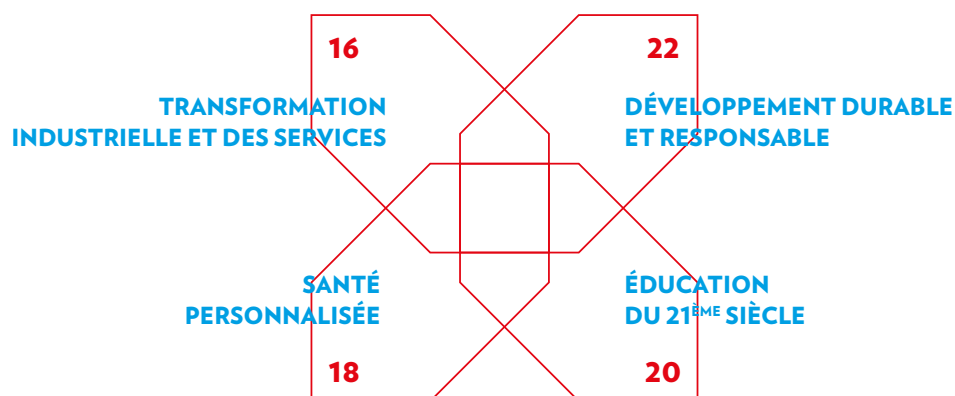
La recherche comme moteur de l'innovation dans l'industrie, les services et le secteur public	11
---	----

Ancrer la science dans la société	11
-----------------------------------	----

MISSION « LUXEMBOURG 2030 »

OÙ INVESTIR **12**

Quatre domaines prioritaires de recherche interdisciplinaires afin de préparer le Luxembourg pour l'avenir	13
--	----



Le rôle de l'intelligence artificielle – le Luxembourg comme laboratoire vivant	26
---	----

Optimiser l'impact de la recherche au Luxembourg grâce à la coordination avec la politique de coopération au développement luxembourgeoise	26
--	----

Feuille de route pour le développement ultérieur et l'adaptation de la stratégie nationale de la recherche et de l'innovation	26
---	----

PRÉFACE

Le Luxembourg a su se réinventer à plusieurs reprises dans le courant de son histoire.

Société principalement agraire jusque-là, le Luxembourg s'est industrialisé à partir du milieu du 19^e siècle pour devenir, au cours du 20^e siècle, un des principaux producteurs d'acier au monde. Le déclin de l'industrie sidérurgique dans les années 1970 a ouvert la voie à une seconde phase majeure de développement économique, à savoir l'émergence d'un important secteur financier, qui reste aujourd'hui un moteur de l'économie luxembourgeoise. Vers le tournant du millénaire, le Luxembourg a commencé à jeter les bases pour un avenir conduisant vers une société de la connaissance, reposant sur une base économique plus large et plus diversifiée et a depuis lors investi de manière conséquente dans l'enseignement supérieur, la recherche et le développement.

Aujourd'hui, le Luxembourg est en train de se réinventer dans un contexte marqué par des développements qui ont un impact à l'échelle mondiale. Le changement climatique et ses conséquences demandent de nouveaux modèles de production et de gestion des ressources. La digitalisation implique des changements fondamentaux dans tous les domaines du fonctionnement économique et sociétal. Les données générées en quantité inimaginable par notre mode de vie connecté constituent une nouvelle ressource avec un potentiel encore inexploité, tout en soulevant des questions concernant le respect de notre vie privée. Les flux migratoires nous amènent à repenser les concepts d'identité dans des sociétés qui se veulent ouvertes à la diversité et aux échanges au-delà des frontières culturelles.

Tous ces développements présentent à la fois des chances et des risques et il est évident que le Luxembourg a l'ambition de profiter des nouvelles opportunités qui se dessinent à l'horizon, tout en gérant au mieux les risques qui peuvent y être associés. Cette ambition

de saisir les opportunités renferme un objectif central : initier des changements qui seront en fin de compte bénéfiques pour le citoyen en lui assurant une meilleure qualité de vie, que ce soit d'un point de vue santé, satisfaction au travail, opportunités de formation, mobilité, logement ou environnement.

Afin d'être à la hauteur de ces ambitions, le Luxembourg doit investir résolument dans la recherche et l'innovation, car c'est l'écosystème scientifique qui sera le catalyseur principal nous permettant de saisir ces opportunités. C'est la recherche qui va générer les innovations permettant d'améliorer la qualité de vie de demain et c'est en initiant des collaborations entre l'écosystème scientifique et les différents acteurs sociétaux que nous allons réussir à transférer ces innovations dans notre vécu quotidien.

Pour réussir ce défi, un petit pays tel que le Luxembourg doit se doter d'une approche stratégique, visant à définir clairement l'apport attendu de l'écosystème scientifique pour le développement sociétal et à maximiser les synergies et les complémentarités entre les différents acteurs de la recherche et de l'innovation. La présente stratégie nationale de la recherche et de l'innovation a l'ambition de dresser le cadre général, qui permettra dans les années à venir un développement ciblé de l'écosystème scientifique luxembourgeois visant à maximiser son impact sur le développement du pays et au-delà, tout en positionnant le Luxembourg comme un acteur internationalement visible à travers l'excellence de ses activités scientifiques. Je suis convaincu que la recherche sera ainsi un des meilleurs ambassadeurs d'un petit pays ayant un grand rayonnement.



Claude Meisch

Ministre de l'Enseignement supérieur et de la Recherche

INTRODUCTION

La recherche publique au Luxembourg est un domaine jeune et dynamique, qui a connu des progrès remarquables au cours des deux dernières décennies. Jadis un des premiers producteurs d'acier, puis centre financier mondial, le Luxembourg a commencé vers le tournant du millénaire à jeter les bases pour un avenir conduisant vers une société du savoir, reposant sur une base économique plus large et plus diversifiée. Depuis lors, un écosystème de recherche et d'innovation attractif et fertile a vu le jour et a acquis une reconnaissance internationale dans un certain nombre de domaines, tels que les TIC, la science des données, la santé et la biomédecine, les matériaux ou encore l'éducation. Le temps est venu de consolider ces réalisations et d'accompagner les activités de recherche et d'innovation de manière à ce qu'elles servent à la réalisation de la vision « Luxembourg 2030 » d'une société du savoir durable et contribuent ainsi à la prospérité future du pays.

En 2016, l'Organisation de coopération et de développement économiques (OCDE) a procédé à un examen de la politique d'innovation du Luxembourg, dans lequel trois principaux défis ont été identifiés, à savoir :

- **consolider les progrès réalisés par le Luxembourg au cours de la dernière décennie et œuvrer pour devenir un site largement reconnu sur le plan de la recherche et de l'innovation en Europe ;**
- **mieux relier et orienter de manière plus stratégique les initiatives prometteuses dans le domaine de la recherche et de l'innovation, qui ont été initiées au cours de la récente période de changement et de croissance rapide ; et**
- **améliorer la gouvernance et orienter le système d'innovation de façon à ce qu'il favorise la coordination entre les ministères et les organismes, renforce les liens entre les centres de recherche publics et l'Université du Luxembourg et aide à mieux canaliser le financement à long terme vers les domaines et les équipes de recherche les plus prometteurs.**

Dans le programme gouvernemental 2018-2023 et en ligne avec les objectifs de la stratégie Europe 2020 définie au niveau de l'Union européenne, le gouvernement s'est fixé l'objectif de porter les investissements publics dans la recherche et le développement, pour le secteur public et privé, à 1% du produit intérieur brut (PIB) d'ici 2023 « tout en veillant à maximiser l'efficacité des dépenses engagées et l'efficacité de l'action déployée ».

À cette fin, le programme gouvernemental prévoit l'élaboration d'une stratégie nationale de l'enseignement supérieur, de la recherche et de l'innovation. Selon le programme gouvernemental, « l'Université et les centres de recherche publics concentreront leurs moyens financiers supplémentaires sur un nombre limité de domaines prioritaires ayant un fort potentiel socio-économique et contribuant à une visibilité internationale. » Le programme définit également les domaines prioritaires qui ont été identifiés pour la période législative actuelle, à savoir les finances et notamment les finances vertes, les sciences de l'éducation, la biomédecine, les sciences et technologies de l'information et de la communication, les matériaux innovants, les sciences de l'environnement et la transition écologique, ainsi que l'histoire contemporaine. Il mandate le Fonds National de la Recherche (FNR) à préparer « une actualisation de la liste des priorités nationales de la recherche publique qui permettront un renforcement de la masse critique ». En outre, il convient d'encourager une approche trans- et interdisciplinaire de la recherche

publique ainsi que le transfert et l'utilisation des résultats de recherche dans les domaines prioritaires afin de favoriser la diversification économique dans les secteurs prioritaires de l'industrie automobile, des biotechnologies, des écotechnologies, des technologies spatiales, de l'information et de la communication et de la logistique.

L'objectif de la présente stratégie nationale de la recherche et de l'innovation est de contribuer à atteindre les objectifs définis dans le programme gouvernemental et de relever les défis identifiés par l'OCDE.

Cette stratégie a été élaborée sur la base d'une *Révision des priorités nationales pour la recherche publique* que le Fonds National de la Recherche (FNR) avait été chargé de réaliser et dont les conclusions ont été présentées au ministère de l'Enseignement supérieur et de la Recherche en avril 2019. Cet examen a été complété par des consultations avec les établissements de recherche publics dans le cadre d'un nouveau comité de coordination et avec tous les ministères concernés. Ces différentes réunions et consultations se sont déroulées entre avril et novembre 2019. Les résultats ont été consolidés en collaboration avec le Fonds National de la Recherche (FNR). Le document actuel met l'accent sur la stratégie nationale de la recherche et de l'innovation. Il sera suivi par un document similaire portant sur la stratégie nationale en matière d'organisation de l'enseignement supérieur au Luxembourg.

RECHERCHE POUR « LUXEMBOURG 2030 »

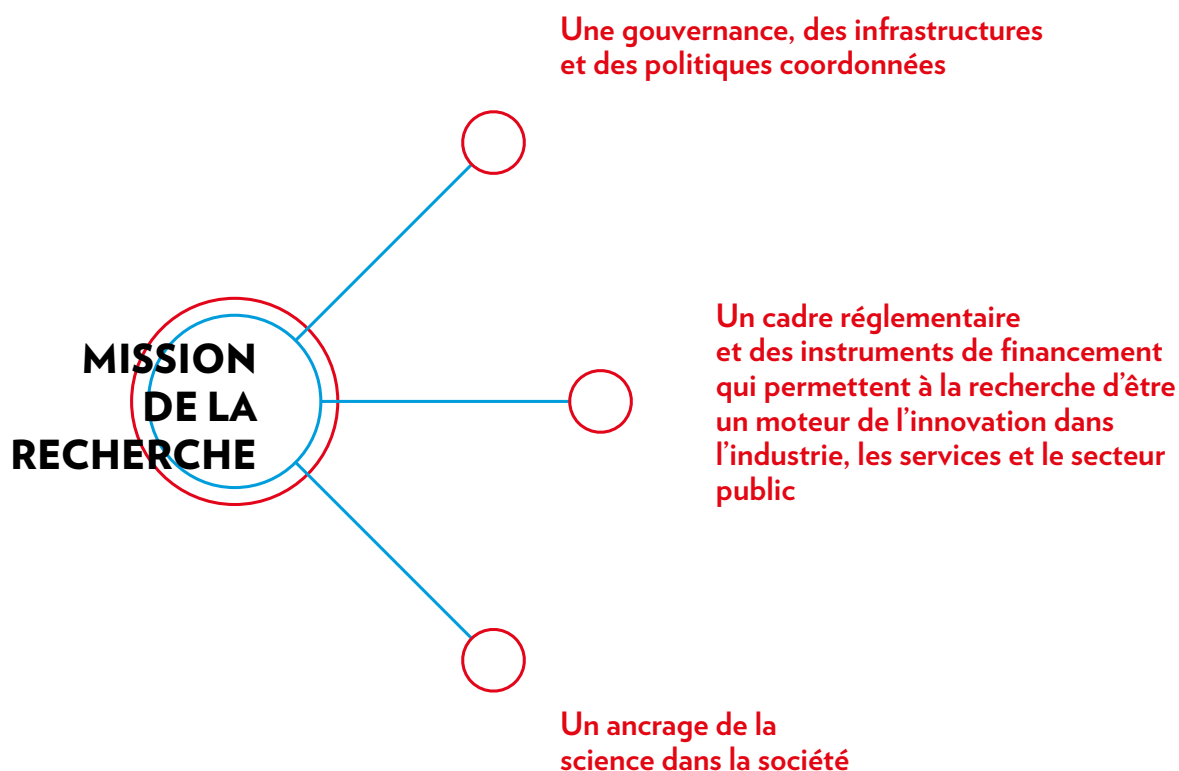
COMMENT REMPLIR LA MISSION

D'ici 2030, le Luxembourg aspire à devenir une société de la connaissance durable et diverse, ainsi qu'une société numérique sécurisée. Aujourd'hui, nous sommes confrontés à de nombreux défis sur le plan mondial, y compris ceux liés à la pauvreté, aux inégalités, au changement climatique, à la dégradation de l'environnement, à l'installation et au maintien de la paix et à l'accès à la justice pour tous. Les 17 objectifs de développement durable des Nations Unies visent à relever ces défis, et le Luxembourg devrait contribuer activement à les atteindre. De même, les six orientations politiques de la nouvelle Commission européenne (un pacte vert pour l'Europe ; une économie au service des personnes ; une Europe adaptée à l'ère du numérique ; protéger notre mode de vie européen ; une Europe plus forte sur la scène internationale ; un nouvel élan pour la démocratie européenne) serviront de lignes directrices. Le Luxembourg s'efforce également de saisir les opportunités liées à la croissance sans précédent des technolo-

gies numériques et de leurs applications. Le pays vise ainsi à devenir une des sociétés numériques les plus avancées au monde et à satisfaire les normes les plus élevées en matière de sécurité, de confidentialité et de traitement éthique des données.

Le secteur de la science, de la recherche et de l'innovation doit faire partie intégrante de cette vision. Il doit former et attirer les talents dont une société du savoir a besoin, tout en valorisant la diversité. Il doit également contribuer à assurer un niveau de vie élevé, un environnement sûr et écoresponsable, un système éducatif innovant, de meilleurs soins de santé pour la population, une économie favorable à l'innovation et aux start-ups ainsi qu'une meilleure compréhension de la société luxembourgeoise dans toute sa diversité. C'est ainsi que le secteur de la science, de la recherche et de l'innovation peut participer de manière décisive à la réalisation de la vision du Luxembourg pour 2030.

Pour ce faire, les éléments suivants sont cruciaux pour le secteur de la recherche et de l'innovation :



GOUVERNANCE, INFRASTRUCTURES ET POLITIQUES COORDONNÉES

Dans le cadre de l'examen de la politique d'innovation du Luxembourg en 2016, les principaux défis identifiés par l'OCDE étaient l'amélioration de la gouvernance et de la coordination entre les différents acteurs du secteur de la recherche et de l'innovation. Afin de relever ces défis, le comité de coordination susmentionné, présidé par le ministère de l'Enseignement supérieur et de la Recherche et composé de représentants de la direction de l'Université du Luxembourg, des trois centres de recherche publics et du Fonds National de la Recherche (FNR), a été créé en tant qu'élément central de la gouvernance coordonnée de tous les principaux acteurs de la recherche publique. Ce comité a contribué à la présente stratégie et continuera à en suivre le développement futur. En outre, le comité s'efforcera à prendre des mesures conjointes, par exemple en vue de la promotion nationale et internationale de l'image de marque de l'écosystème de la recherche luxembourgeoise sous le label « Research Luxembourg » et afin de soutenir les efforts du Luxembourg en matière de diplomatie scientifique.

Afin de continuer à favoriser l'excellence dans la recherche, le gouvernement misera sur le développement du modèle de financement actuel pour les établissements de recherche publics au moyen de conventions pluriannuelles coordonnées, comprenant des indicateurs de performance clés. Ces derniers seront adaptés de façon à refléter les différentes facettes de la mission décrite dans la présente stratégie. Conformément aux objectifs de la stratégie Europe 2020 et au programme gouvernemental 2018-2023, le gouvernement veillera à porter les investissements publics dans la recherche et le développement à 1% du PIB. Cet objectif de 1% inclura les dépenses publiques dans le secteur public et le secteur privé, étant entendu que les dépenses dans le secteur public devraient atteindre 0,8% du PIB.

A côté de l'objectif de l'excellence dans les activités de recherche, un autre moyen important pour faire progresser la recherche et l'innovation et pour rendre le Luxembourg attractif et compétitif au niveau international consiste à disposer d'excellentes infrastructures de recherche. Dans ce sens, le développement des in-

frastructures nationales de calcul à haute performance (HPC), comprenant les installations des institutions de recherche publiques complétées par le superordinateur développé au Luxembourg dans le cadre de l'entreprise commune européenne pour le calcul à haute performance (EuroHPC), continuera à jouer un rôle important. Il en va de même pour la *Integrated Bio-bank of Luxembourg* (IBBL) du *Luxembourg Institute of Health* (LIH). Le Luxembourg continuera également à participer à des infrastructures de recherche au niveau européen telles que ELIXIR, DARIAH, SHARE, EATRIS ou PRACE et s'impliquera activement dans l'organisation de recherche intergouvernementale EMBL (*European Molecular Biology Laboratories*). Au niveau national, le Luxembourg explorera la mise en place d'un modèle national de services autour de la chaîne de valeur des données, qui profitera à l'ensemble de l'écosystème de la recherche.

En ce qui concerne la culture de la recherche, le gouvernement encouragera et appuiera fortement l'adhésion aux valeurs fondamentales, y compris l'éthique et l'intégrité. Il soutiendra l'initiative Science ouverte (*Open Science*) afin de rendre la recherche plus ouverte, internationale et collaborative et pour la rapprocher de la société. Seront également poursuivis les efforts visant à accroître l'attractivité des carrières de chercheur au Luxembourg grâce à un système de récompenses et de primes, reconnaissant toute l'étendue des résultats des activités scientifiques, y compris le transfert de connaissances, la formation et le développement des personnes, la promotion du travail d'équipe et de la communication. Des efforts concertés seront déployés pour favoriser l'égalité des sexes dans la recherche publique et pour faire de la diversité et de l'inclusion l'une des priorités. Le gouvernement vise ainsi à positionner le Luxembourg comme un écosystème de recherche particulièrement attractif pour la prochaine génération de talents, féminins et masculins.

En termes de politique, des lignes directrices communes pour le secteur de la recherche publique seront élaborées en relation avec des sujets sensibles comme la propriété intellectuelle, la double utilisation des résultats de la recherche, ainsi que la protection de la vie privée et la sécurité, qui joueront un rôle de plus en plus important dans les activités de recherche.

LA RECHERCHE COMME MOTEUR DE L'INNOVATION DANS L'INDUSTRIE, LES SERVICES ET LE SECTEUR PUBLIC

Le gouvernement luxembourgeois a fait de la recherche et de l'innovation les pierres angulaires de sa vision d'avenir pour le pays. Pour que la recherche devienne un moteur de diversification économique et d'innovation dans l'industrie, les services et le secteur public, il est essentiel de disposer d'un cadre réglementaire approprié. Le gouvernement encouragera donc la création d'unités de partenariat public-public entre les institutions de recherche et les ministères intéressés, incluant une meilleure intégration des instituts culturels dans les activités de recherche publique, et le développement de programmes de partenariat public-privé, en coordination avec les initiatives d'autres ministères ou de Luxinnovation. Des instruments de financement appropriés seront mis en place par l'entremise du Fonds National de la Recherche (FNR). Outre les programmes déjà existants pour le financement de la recherche collaborative entre les institutions de recherche publiques luxembourgeoises et les entreprises privées, au Luxembourg ou à l'étranger, de nouveaux programmes encourageront le financement conjoint avec les ministères.

ANCER LA SCIENCE DANS LA SOCIÉTÉ

Dans le but d'établir le Luxembourg comme société du savoir de premier plan, le gouvernement vise également à ancrer solidement la science dans la société et à favoriser l'impact sociétal. Outre la poursuite et le développement d'une variété d'activités pour la promotion scientifique, l'implication du public sera fortement encouragée en tant que partie intégrante de toutes les activités de recherche. La promotion de la science auprès des acteurs de l'économie et de la société ainsi que la sensibilisation quant à l'importance du savoir et de l'innovation sont des facteurs essentiels qui seront favorisés, de même que l'interaction entre les chercheurs et les décideurs afin d'encourager l'élaboration de politiques fondées sur des données probantes.

MISSION « LUXEMBOURG 2030 »

OÙ INVESTIR

Comme souligné auparavant, le gouvernement s'est fixé des objectifs ambitieux en ce qui concerne l'augmentation des dépenses publiques pour la recherche et le développement. Cette augmentation de l'investissement public dans la recherche sera réalisée de manière ciblée. D'une part, elle permettra la poursuite du développement et la consolidation d'un écosystème de recherche produisant d'excellents résultats scientifiques tout en rendant le Luxembourg visible à l'échelle internationale et attrayant pour les chercheurs talentueux. D'autre part, elle servira les objectifs à moyen et à long terme du pays, qu'ils soient écologiques, sociétaux ou économiques. La présente stratégie de recherche et d'innovation décrit les domaines dans lesquels il est jugé important d'investir afin d'atteindre ces deux objectifs.

La stratégie nationale de la recherche et de l'innovation sera principalement mise en œuvre par le biais des programmes de financement du Fonds National de la Recherche (FNR), et plus particulièrement à travers le programme de recherche thématique pluriannuel CORE, dont les domaines prioritaires seront alignés sur la présente stratégie, mais aussi par le biais d'initiatives visant à attirer des talents et de programmes de recherche axés sur des missions spécifiques. Ces derniers visent à résoudre un défi sociétal ou technologique concret, généralement de manière interdisciplinaire, grâce à la collaboration de différents établissements de recherche publics et privés et éventuellement d'autres acteurs concernés.

La présente stratégie ne fait pas de distinction entre la recherche fondamentale et la recherche appliquée, puisque ces deux types de recherche seront soutenus dans les domaines prioritaires. Il convient également de mentionner que ces domaines prioritaires ne seront pas les seuls domaines dans lesquels des activités de recherche seront conduites et soutenues au Luxembourg. L'écosystème public de la recherche luxembourgeoise est composé d'institutions autonomes qui bénéficient de dotations globales substantielles accordées par le gouvernement. Toutes ces institutions développeront

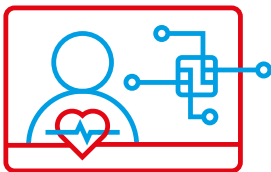
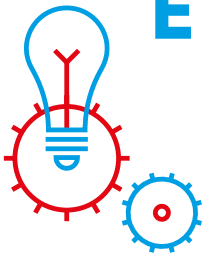
ou ont développé dans le cadre de leur autonomie des stratégies institutionnelles qui devraient évidemment tenir compte du cadre fourni par la stratégie nationale de la recherche et de l'innovation mais qui peuvent et devraient également établir des priorités institutionnelles qui élargiront utilement ce cadre. En outre, le Fonds National de la Recherche (FNR) poursuivra ses programmes de financement soutenant des projets en dehors des domaines prioritaires (p. ex. les programmes OPEN et INTER), nécessaires pour une économie fondée sur l'exploitation des données dans le respect de la vie privée des individus.

QUATRE DOMAINES PRIORITAIRES DE RECHERCHE INTER-DISCIPLINAIRES POUR PRÉPARER LE LUXEMBOURG À L'AVENIR

Au plus haut niveau, la stratégie nationale de la recherche et de l'innovation définit quatre domaines prioritaires de recherche, qui revêtent une importance particulière pour le développement sociétal, écologique et économique du pays. Ces domaines ne sont pas considérés comme distincts et indépendants les uns des autres mais comme des domaines qui s'influencent mutuellement, de sorte que les sous-thèmes qui définissent chaque domaine peuvent également avoir des ramifications dans d'autres domaines.

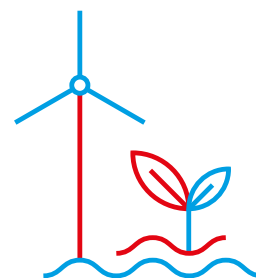
La mise en œuvre de la stratégie de recherche mettra donc un accent particulier sur les projets interdisciplinaires, qui tiennent compte du fait que chacun des quatre grands domaines prioritaires de recherche bénéficiera des résultats et des projets menés dans un ou plusieurs des autres domaines. Les quatre domaines prioritaires de recherche retenus devraient garantir qu'au-delà d'un développement de son PIB, le Luxembourg puisse assurer un développement continu et durable du bien-être de sa population, incluant notamment les facteurs sanitaires, environnementaux et éducatifs.

TRANSFORMATION INDUSTRIELLE ET DES SERVICES

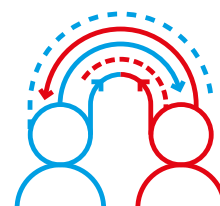


SANTÉ PERSONNALISÉE

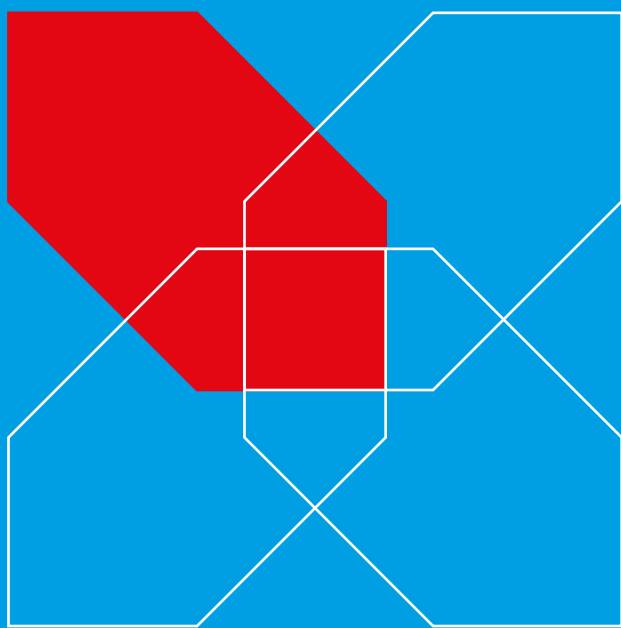
DÉVELOPPEMENT DURABLE ET RESPONSABLE

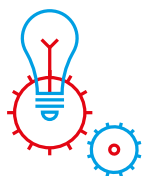


ÉDUCATION DU 21^{ème} SIÈCLE



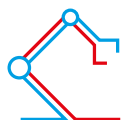
TRANSFORMATION INDUSTRIELLE ET DES SERVICES





La numérisation croissante entraînera des changements fondamentaux pour l'industrie et les prestataires de services actifs au Luxembourg. Le pays a l'ambition de devenir une économie axée sur les connaissances et l'exploitation des données, cherchant activement à diversifier ses activités économiques en adoptant les derniers développements technologiques afin de produire une forte valeur ajoutée. La recherche menée dans ce domaine prioritaire devrait fournir la base scientifique pour un tel développement. Elle englobera la recherche dans les secteurs industriels dans lesquels le Luxembourg souhaite développer et consolider ses atouts, notamment dans les sciences des matériaux, l'industrie spatiale ou dans le domaine de l'automatisation et de la robotique.

La modélisation et la simulation de données sont considérées comme des technologies clés dans ce domaine de recherche prioritaire. Celui-ci comprend également les nouveaux systèmes informatiques et de communication avec les défis connexes au niveau de la cybersécurité, indispensables pour une économie axée sur les données, mais protégeant la vie privée dans un monde de plus en plus connecté. En outre, la recherche dans ce domaine vise à apporter de nouvelles perspectives aux secteurs économiques les plus importants du Luxembourg, comme l'industrie financière, grâce au développement de technologies clés dans le domaine de la fintech/regtech ou dans le domaine des technologies des registres distribués (*distributed ledger technologies* – DLT). Ces dernières trouveront également des applications dans le domaine des « Govtech » du secteur public.



Systèmes autonomes et intelligents, robotique pour la Terre et l'espace



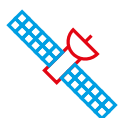
Fintech/Regtech et applications transformatives des technologies des registres distribués



Futurs systèmes informatiques et de communication



Outils fondamentaux, modélisation et simulation basées sur les données



Télécommunications spatiales, observation de la Terre et ressources spatiales

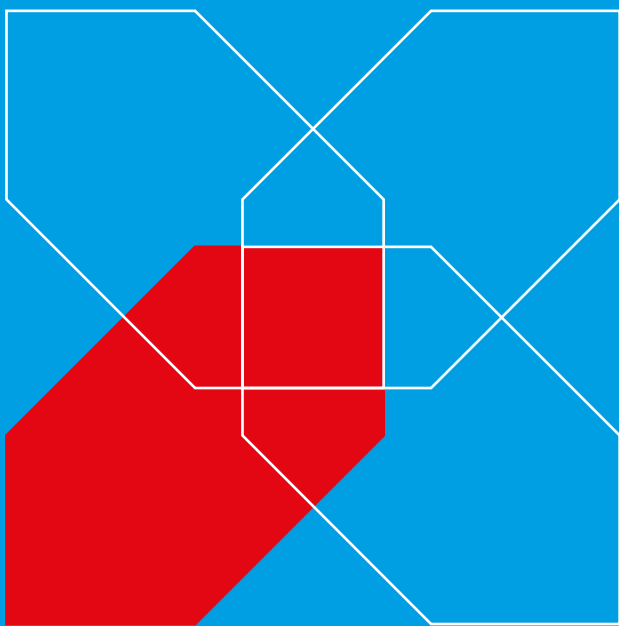


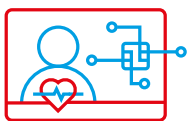
Économie fiable axée sur les données et systèmes critiques



Science et technologie des matériaux

SANTÉ PERSONNALISÉE





La santé est considérée comme un indicateur clé du bien-être. Le Luxembourg a l'ambition d'offrir d'excellents soins de santé à sa population et de se positionner comme chef de file dans la mise en œuvre des dernières technologies dans le domaine de la santé. En particulier dans le domaine de la médecine numérique personnalisée axée sur les données, le Luxembourg aspire à être un des pays précurseurs au niveau mondial. Le Luxembourg a donc besoin d'une recherche biomédicale qui soit in fine bénéfique pour le patient et qui contribue ainsi à la consolidation d'un système de santé innovant, durable et efficace. Suivant cette logique, la médecine translationnelle jouera un rôle important dans la recherche médicale menée au Luxembourg.

Le Luxembourg continuera à promouvoir les contributions importantes qu'apporte la recherche effectuée notamment au titre des programmes européens Horizon 2020 et Horizon Europe au domaine de la médecine personnalisée afin d'accélérer le développement d'outils de prévention et de diagnostic plus efficaces, de même que des traitements meilleurs, minimisant les risques pour les patients.

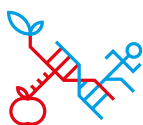
Les initiatives dans le domaine de la santé ne se limiteront cependant pas à une perspective purement biologique ou médicale, mais incluront des aspects socio-économiques et comportementaux analysés dans une approche longitudinale s'étendant à toute une vie, approche qui permettra de mettre l'accent sur la prévention des maladies et les changements de comportement.



Systèmes biomédicaux complexes – données et modèles



Compréhension, prévention et traitement de la transition entre santé et maladie

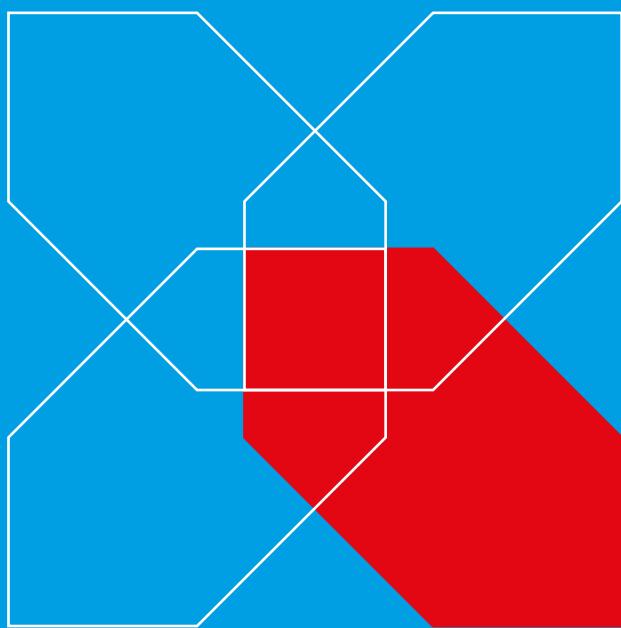


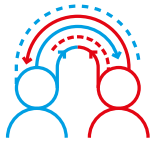
Médecine de précision, y compris facteurs environnementaux, socio-économiques et liés au mode de vie



Soins de santé basés sur les données

L'ÉDUCATION DU 21^{ème} SIÈCLE





L'éducation est une autre pierre angulaire pour le bien-être d'une société, puisqu'elle constitue la base de l'emploi, de la participation sociale et, en fin de compte, du fonctionnement démocratique de la société. Il est prévisible que l'éducation sera confrontée à des changements majeurs tout au long du 21^e siècle, et ceci pour différentes raisons. Nous ne connaissons pas aujourd'hui les environnements professionnels auxquels nos systèmes éducatifs devraient préparer, car la numérisation croissante augmentera considérablement la vitesse de création de nouveaux profils d'emploi, alors que des profils professionnels existants pourraient disparaître.

Le rythme accéléré des développements technologiques implique donc la nécessité de mieux contrôler l'écart des compétences entre les nouveaux besoins et l'offre existante, et de former la population à de nouvelles compétences numériques très dynamiques. Les outils et technologies numériques deviennent ainsi, d'une part, le contenu de nouveaux programmes de formation tout en étant, d'autre part, utilisés pour enseigner ces nouveaux contenus. En termes de compétences clés, les compétences transversales telles que la résolution de problèmes et les compétences en communication sont de plus en plus valorisées, car elles

forment un ensemble d'aptitudes nécessaires pour faire face à ces développements et changements. L'apprentissage tout au long de la vie passe d'un modèle qui impliquait historiquement la mise à jour des connaissances existantes à un modèle dans lequel des compétences complètement nouvelles doivent être acquises en peu de temps pour s'adapter aux changements plus fondamentaux des carrières professionnelles que nous verrons à l'avenir.

Ces nouveaux défis éducatifs s'ajoutent aux défis déjà existants liés à la volonté d'offrir à une population scolaire très hétérogène et multilingue une formation initiale de haute qualité, qui évite de renforcer les inégalités. Le Luxembourg investira donc dans la recherche éducative, afin de développer des environnements d'apprentissage innovants et axés sur le numérique, qui bénéficieront à une population scolaire diversifiée et multilingue, et qui contribueront ainsi à l'égalité des chances au niveau de l'éducation. Le Luxembourg a également l'ambition d'être un des leaders dans le domaine de l'éducation des adultes et de développer les programmes de recherche nécessaires afin d'être préparé aux grandes tendances émergentes du renforcement des compétences (*upskilling*) et de la reconversion (*reskilling*) sur le marché du travail.



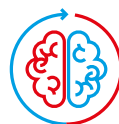
Environnements d'apprentissage et d'évaluation numériques et innovants



Égalité des chances en matière d'éducation

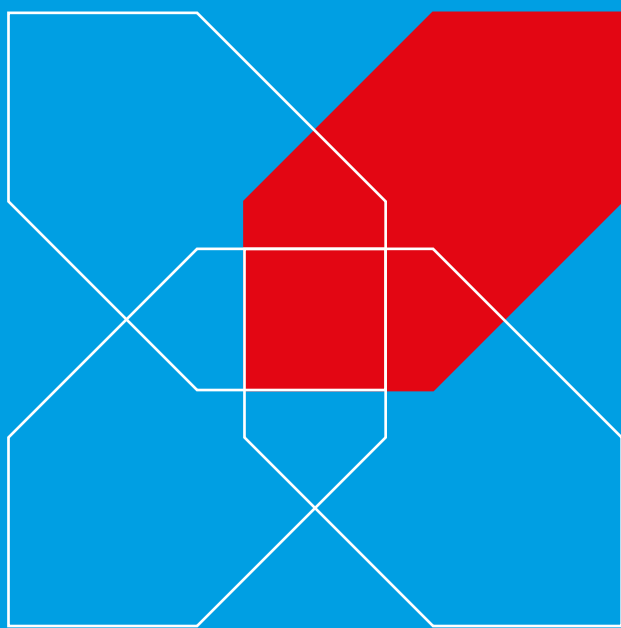


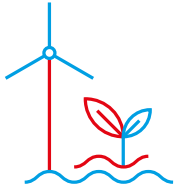
Apprentissage dans une société multilingue et diverse



Éducation des adultes, renforcement des compétences et reconversion (*up/re-skilling*) et apprentissage tout au long de la vie

DÉVELOPPEMENT DURABLE ET RESPONSABLE





Le Luxembourg souscrit pleinement aux objectifs de développement durable des Nations Unies et contribuera, par ses activités de recherche, à un développement durable d'un point de vue écologique, économique et sociétal en cohérence avec les dix champs d'action prioritaires du plan national pour un développement durable.

Dans le domaine écologique, l'accent sera mis sur la recherche dans le contexte d'une transition vers la durabilité et du changement climatique. Le Luxembourg a l'ambition de devenir un pays modèle pour la transition écologique. A cette fin, la recherche axée sur la construction durable jouera un rôle important pour intégrer l'efficacité énergétique, les énergies renouvelables, les aspects santé-environnement et la circularité dans les constructions neuves et existantes. La recherche mettra également l'accent sur l'intégration des énergies renouvelables et de l'électromobilité dans le système de gestion de l'électricité grâce à l'intelligence des réseaux. Les aspects sociologiques autour de l'émergence et du renforcement d'un mode de vie « climat positif » seront aussi mis en avant, tout comme la planification territoriale et les concepts de mobilité.

Le Luxembourg mettra au point des technologies pour le suivi permanent des effets du changement climatique et d'autres impacts environnementaux sur les systèmes

écologiques et la biodiversité et utilisera ce suivi pour modéliser les scénarios futurs afin de permettre au pays de s'adapter au mieux à un environnement changeant (notamment pour les activités agricoles et forestières, mais également dans le domaine de la prévention des événements extrêmes ou de la disponibilité de l'eau).

Sur le plan économique, le Luxembourg innovera grâce à la recherche sur de nouveaux instruments et modèles économiques durables consommant moins de ressources et produisant moins d'effets négatifs sur l'environnement, en particulier dans les domaines de la finance verte et durable et de l'économie circulaire et de partage.

Un développement socialement durable est particulièrement important pour un pays aussi diversifié et multilingue que le Luxembourg. Ainsi, la recherche sur différents aspects de la cohésion sociale, comme les conséquences sociales de la migration et de l'évolution de la transition énergétique et du marché du travail, mais aussi sur les questions d'identités culturelles, de patrimoine culturel et d'appartenance nationale fera partie de ce domaine de recherche. Pour les questions de recherche relatives au patrimoine culturel, y inclus leur volet numérique, une collaboration renforcée avec les instituts culturels sera recherchée.

Enfin, la numérisation croissante soulève la question de savoir comment les nouveaux développements et les technologies perturbatrices peuvent être mis en œuvre de manière responsable dans le cadre d'un environnement juridique innovant au Luxembourg et en Europe. Dans ce contexte, les considérations sur la réglementation d'une utilisation des données qui soit responsable et respectueuse de la vie privée, de même que sur les aspects éthiques concernant l'utilisation des données et des technologies perturbatrices, telles que l'intelligence artificielle, seront au centre des efforts de recherche au Luxembourg. Les transformations en vue des objectifs 2030 nécessitent en effet un ajustement du cadre juridique. L'objectif de devenir une des sociétés numérisées les plus avancées du monde en termes de développement durable, gouvernée par des processus de prise de décisions démocratiques et inclusifs, exige des solutions innovantes dans la réglementation luxembourgeoise et européenne.

On peut citer dans ce contexte l'adaptation des systèmes juridiques national et européen à un processus

décisionnel axé sur l'exploitation de données et facilité par l'intelligence artificielle, un cadre légal à même d'encourager le développement d'un environnement de services médicaux personnalisés et axés sur les données ou encore la protection de l'environnement dans un monde numérisé nécessitant de repenser en profondeur les normes applicables à la fois dans une perspective nationale et à la lumière du Marché unique numérique au sein de l'UE. La présente stratégie va par conséquent promouvoir des activités de recherche en droit poussées dans les domaines évoqués, incluant la mise en place et la mise en œuvre d'outils permettant d'établir un cadre légal garantissant une sécurité juridique tant pour les citoyens que pour les entreprises dans le contexte des évolutions futures.

Ceci constitue un élément important qui permettra de libérer pleinement le potentiel de modernisation que recèle le progrès technologique au profit de la société à travers la mise en place du cadre réglementaire nécessaire à une économie et à une société axées sur les connaissances.



Changement climatique :
efficacité énergétique
et gestion intelligente
de l'énergie / éco- et
agrosystèmes résilients



Développement sociétal :
migration et cohésion
sociale / identités culturelles,
patrimoine culturel et
appartenance nationale



**Développement
économique :** finance verte
et durable / économie
circulaire et du partage



Développement responsable :
cadre réglementaire et éthique
pour une société basée sur les
données

LE ROLE DE L'INTELLIGENCE ARTIFICIELLE - LE LUXEMBOURG COMME LABORATOIRE VIVANT POUR L'UTILISATION DE L'INTELLIGENCE ARTIFICIELLE

La présente stratégie souscrit pleinement à la vision stratégique du gouvernement concernant l'intelligence artificielle (IA). L'intelligence artificielle est considérée comme une technologie clé qui sera utilisée dans chacun des quatre principaux domaines de recherche prioritaires. Conformément à la stratégie nationale sur l'intelligence artificielle, le Luxembourg a l'ambition d'appliquer l'IA à l'échelle nationale dans certains domaines spécifiques (par exemple dans les domaines de la santé personnalisée ou de l'éducation personnalisée) et de devenir un laboratoire vivant, montrant comment cette technologie peut être utilisée au niveau national au profit du développement sociétal.

La taille et la capacité d'adaptation d'un petit pays comme le Luxembourg permettent en effet d'élargir l'application de ces technologies à l'échelle nationale plus rapidement que dans les grands pays, ce qui permet de se profiler sur le plan international comme un précurseur dans la mise en œuvre de cette technologie perturbatrice. De plus, la création et la mise à l'essai d'un cadre juridique pour l'utilisation de l'IA basé sur des principes éthiques permettra au Luxembourg de contribuer à l'élaboration des standards de demain.

OPTIMISER L'IMPACT DE LA RECHERCHE AU LUXEMBOURG GRACE A LA COORDINATION AVEC LA POLITIQUE DE COOPÉRATION AU DÉVELOPPEMENT LUXEMBOURGEOISE

Le pays a l'ambition d'optimiser l'impact mondial des efforts déployés au niveau national par un examen systématique des résultats de la recherche en vue de leur utilisation et de leur transfert potentiels dans le cadre des efforts de coopération au développement du Luxembourg.

Le Luxembourg est en effet un des pays avec la plus importante contribution par habitant dans le domaine de la coopération au développement, et de nombreux défis auxquels la politique de coopération au développement est confrontée peuvent bénéficier des technologies et des résultats issus de l'écosystème de la recherche. Afin de renforcer son exploitation dans le cadre de la coopération au développement, le processus de transfert et d'adaptation des résultats de la recherche sera appliqué de manière plus systématique et combiné potentiellement à des instruments de financement spécifiques.

FEUILLE DE ROUTE POUR LE DÉVELOPPEMENT ULTERIEUR ET L'ADAPTATION DE LA STRATÉGIE NATIONALE DE LA RECHERCHE ET DE L'INNOVATION

Cette stratégie nationale de la recherche et de l'innovation ne doit pas être considérée comme fixe et inaltérable, mais plutôt comme un processus continu. Au cours du premier semestre 2020, la troisième édition des « Assises de la Recherche » réunira les principaux acteurs de la recherche et de l'innovation ainsi que les acteurs sociétaux luxembourgeois afin de poursuivre la discussion et la consolidation de la stratégie.

Alors que les idées et principes généraux qui sous-tendent la stratégie ainsi que les quatre domaines prioritaires de recherche interdisciplinaires qui en constituent l'épine dorsale devraient rester inchangés, les sous-thèmes dans les quatre domaines peuvent être discutés et évoluer à la lumière de ces discussions et des développements futurs. Ils devraient être examinés régulièrement au cours des années à venir, en tenant compte des avis émis par le comité de coordination présidé par le ministère de l'Enseignement supérieur et de la Recherche, par le conseil scientifique du Fonds National de la Recherche (FNR) et par les acteurs gouvernementaux, économiques et sociétaux.



LE GOUVERNEMENT
DU GRAND-DUCHÉ DE LUXEMBOURG
Ministère de l'Enseignement supérieur
et de la Recherche

LU  **EMBOURG**
LET'S MAKE IT HAPPEN