

Les aspects internationaux d'une stratégie « Power-to-X »

Weltenergierat

Le Weltenergierat, comité allemand du Conseil Mondial de l'Énergie, a chargé Frontier Economics de réaliser une étude sur les aspects internationaux d'une stratégie de production d'électricité. Le point de départ de la réflexion porte sur le couplage sectoriel en Allemagne et la prévision selon laquelle l'Allemagne ne peut pas atteindre ses objectifs de décarbonation dans le secteur de l'énergie sans importer des combustibles « verts », la production d'électricité à partir d'énergies renouvelables étant limitée dans le pays. L'article donne un aperçu de l'ampleur que pourrait atteindre la demande allemande ou mondiale de Power-to-X en fonction de jeux d'hypothèses différents. Les critères pertinents pour les décisions d'investissement de production et d'exportation sont identifiés et une analyse de la stratégie de quelques pays est menée, sur la base d'une catégorisation. Des sites attractifs sont identifiés et l'étude montre comment ceux-ci pourraient contribuer à exporter une énergie décarbonée vers l'Allemagne. La traduction du résumé a été faite par La Revue de l'Énergie. L'étude complète (156 pages) est disponible en allemand sur le site <https://www.weltenergierat.de/ptxstudie/>.

Le système énergétique mondial doit se transformer fondamentalement vers des sources d'énergie neutres en carbone au cours des prochaines décennies pour atteindre les objectifs à long terme fixés dans l'Accord de Paris — maintenir l'augmentation de la température moyenne mondiale bien en dessous de 2 °C par rapport aux niveaux préindustriels. Les gouvernements nationaux du monde entier se sont engagés à atteindre des objectifs très ambitieux pour réduire les gaz à effet de serre (GES) dont le CO₂ dans les années à venir. Le gouvernement fédéral allemand s'est fixé pour objectif de réduire les émissions de GES de 80 à 95 % d'ici 2050 par rapport aux niveaux des années 1990. Atteindre cet objectif implique un changement majeur dans l'approvisionnement et l'utilisation de l'énergie tels que nous les connaissons aujourd'hui.

L'utilisation croissante des énergies renouvelables sera un élément clé de la transformation énergétique mondiale avec l'amélioration de l'efficacité énergétique. Il existe de nombreuses façons de déployer les énergies renouvelables : directement dans les applications des utilisateurs finaux (biomasse, panneaux solaires, géothermie, etc. pour le chauffage), sous forme d'électricité (par exemple dans les voitures électriques, les pompes à chaleur, etc.) ou comme combustibles synthétiques produits à partir d'énergies renouvelables.

L'étude se concentre sur ces derniers : les combustibles synthétiques produits à partir d'électricité renouvelable ou *Power-to-X*, c'est-à-dire les combustibles renouvelables ou « verts¹ ». Il s'agit de produits « verts » tels que l'hydrogène², l'ammoniac, le méthane, le méthanol, le diesel, l'essence et le kérosène.

Les combustibles renouvelables peuvent être déployés dans tous les secteurs comme le transport, le chauffage, l'industrie, la production d'électricité et remplacer les combustibles conventionnels à base d'hydrocarbures comme source d'énergie primaire et comme matière première.

L'objectif de l'étude est de développer une stratégie spécifique pour mettre en place une industrie mondiale des *Power-to-X* au cours des prochaines décennies. On explique la nécessité d'une production et d'un commerce international de *Power-to-X* à l'échelle mondiale, on explore les potentiels des pays producteurs et exportateurs de *Power-to-X* dans le monde et on identifie les principaux piliers et jalons d'une stratégie vers un marché mondial des *Power-to-X*.

Les recommandations finales des trois axes de la stratégie *Power-to-X* sont les suivantes :

- améliorer et soutenir l'augmentation d'échelle des technologies *Power-to-X* et des usines afin de réaliser des économies importantes, ouvrant ainsi la voie au commerce international;
- créer des conditions de concurrence équitables pour les *Power-to-X* et les combustibles classiques en récompensant le caractère neutre en carbone de ces combustibles synthétiques verts, ce qui garantira des structures de demande fiables et stimulera la croissance du marché mondial des *Power-to-X*;
- Faciliter un cadre adapté pour les investissements par des mesures politiques contraignantes et non contraignantes, y compris des coopérations et des normes pour le commerce.

Enfin, les interdépendances complexes entre ces axes fondamentaux et les recommandations qui les accompagnent exigent une approche coordonnée pour développer un marché mondial du *Power-to-X*.

Les principaux résultats de l'étude sont résumés comme suit.

Le *Power-to-X* est un élément nécessaire de la transition énergétique mondiale

Le *Power-to-X* fera partie intégrante de la transformation vers un système énergétique à faible teneur en carbone. Dans de nombreux pays, il accompagnera les autres éléments clés qui portent ce changement comme l'utilisation directe des énergies renouvelables et l'utilisation directe de l'électricité renouvelable. Le *Power-to-X* «vert» complète ces solutions pour plusieurs raisons.

- Absence d'alternatives — Dans certains secteurs, des combustibles à fort contenu énergétique sont nécessaires pour des raisons logistiques. Cela s'applique en grande partie à l'aviation et à la marine par exemple, mais aussi à des processus industriels ou chimiques spécifiques à haute température. Les combustibles *Power-to-X* fournissent, en plus des biocombustibles, les solutions techniquement réalisables pour obtenir les réductions de CO₂ nécessaires dans ces applications.

- Possibilité de stockage pour améliorer la sécurité de l'approvisionnement — En Europe, le futur système énergétique renouvelable nécessitera des stockages d'énergie à grande échelle, par exemple pour faire passer la production d'énergie renouvelable de la saison estivale à la saison hivernale à des fins de chauffage. Les produits *Power-to-X* sont bien placés pour ce stockage saisonnier de l'électricité et la flexibilité des produits *Power-to-X* améliorera donc la sécurité d'approvisionnement.

- Potentiel de demande immédiate — La plupart des combustibles synthétiques (le méthane, le diesel, l'essence, le kérosène et autres) peuvent être utilisés immédiatement dans les équipements et infrastructures existants. Les réductions de CO₂ peuvent être réalisées dans un délai court sans attendre le remplacement lointain des applications des utilisateurs finaux par d'autres technologies. Ceci est particulièrement pertinent pour le secteur du chauffage (utilisation des installations de chauffage existantes) et dans le secteur des transports (utilisation prolongée des moteurs à combustion).

- **Acceptation renforcée** — L'acceptation par le public de nouveaux développements d'infrastructures est limité en raison de leur impact sur l'environnement et le paysage. La possibilité d'utiliser, avec le *Power-to-X*, les infrastructures énergétiques existantes telles que les gazoducs peut contribuer à surmonter les inquiétudes du public.

- **Considérations de coût** — Les combustibles renouvelables permettent dans de nombreux cas de réaliser des économies grâce à la possibilité d'utiliser les infrastructures existantes telles que les gazoducs, les stations-service et les installations de stockage. En outre, l'utilisation d'applications existantes et abordables pour l'utilisateur final, telles que les chaudières à condensation à bas prix, réduit la nécessité d'investissements importants dans les infrastructures.

Les importations de combustibles synthétiques «verts» et le développement d'un marché mondial du *Power-to-X* soutiennent la transition énergétique

La transition énergétique en Allemagne nécessitera des importations importantes de combustibles «verts» en provenance de l'étranger pour diverses raisons.

- **Avantages en termes de coûts grâce à l'importation** — Les *Power-to-X* produits dans les régions du monde qui présentent des conditions de site favorables aux énergies renouvelables (photovoltaïque, éolien) sont nettement moins chers que les *Power-to-X* produits en Europe (par exemple en Allemagne), même en tenant compte des coûts de transport.

- **Disponibilité des sites pour l'électricité renouvelable** — La disponibilité des sites pour la production d'électricité à partir de sources d'énergie renouvelables (ou électricité renouvelable) est limitée dans de nombreux pays européens, par exemple en Allemagne : c'est surtout vrai pour l'éolien mais aussi pour la biomasse. Cette limite peut être encore plus forte en raison de contraintes environnementales dans certains pays, telles que la protection des paysages et la protection de la mer.

On s'attend donc à ce qu'une part substantielle de l'énergie renouvelable consommée en Europe (et notamment en Allemagne) soit importée.

- **La transportabilité du *Power-to-X* est relativement forte** — Pour importer de plus grandes quantités d'énergie renouvelable, les vecteurs chimiques qui comprennent les *Power-to-X* sont les premiers choix : il existe une infrastructure internationale à grande échelle et les coûts de transport sur de longues distances sont relativement faibles.

- **Le commerce mondial du *Power-to-X* soutient la croissance économique et le bien-être** — Les importations et les exportations d'énergie sont courantes; elles renforcent les relations commerciales internationales, les coopérations et les liens politiques. Le commerce international est source de stabilité politique et de bien-être. Les pays exportateurs peuvent bénéficier d'investissements et de croissance, les pays importateurs peuvent bénéficier de coûts énergétiques plus faibles. En outre, les pays qui, comme l'Allemagne, exportent des technologies et des équipements (usines et installations) bénéficient d'un marché plus porteur.

Le marché mondial du *Power-to-X* peut être immense à long terme, ce qui entraîne des investissements substantiels dans les usines et les infrastructures de *Power-to-X*

Des estimations indicatives montrent qu'un marché mondial mature pour les combustibles synthétiques «verts» peut facilement correspondre à une demande annuelle comprise entre 10 000 et 20 000 TWh à long terme (en 2050 et au-delà). Cela correspond à environ la moitié de la demande mondiale actuelle de pétrole brut. La capacité requise pour les seuls électrolyseurs d'eau (pour produire l'hydrogène) peut atteindre entre 3 000 et 6 000 GW.

Le futur marché mondial du *Power-to-X* sera considérable, car la réalisation, même partielle, de ce marché potentiel indicatif du *Power-to-X* nécessite des investissements importants dans

les technologies et les usines de *Power-to-X* au cours des prochaines décennies. Ces investissements nécessiteront un cadre adéquat et une action précoce, ouvrant la voie à une industrie mondiale du *Power-to-X*.

Il existe un grand nombre de pays potentiellement producteurs de *Power-to-X*, mais leur entrée sur le marché dépend de motivations individuelles

Un marché mondial du *Power-to-X* pourrait être approvisionné par de nombreux pays producteurs potentiels de *Power-to-X*. La répartition de ces pays à travers le monde illustre la diversité des fournisseurs potentiels et montre que les volumes demandés peuvent être fournis. Les pays et les régions qui offrent des conditions

favorables aux énergies renouvelables et un potentiel technique élevé pour la production d'électricité à partir de sources d'énergie renouvelables sont de bons candidats pour la production et l'exportation de *Power-to-X*. La Figure 1 illustre les potentiels renouvelables les plus importants; elle n'est pas exhaustive.

Chaque pays aura sa propre histoire et des motivations diverses pour lesquelles il choisirait de jouer un rôle dans un marché mondial des *Power-to-X* et à quel stade il pourrait être prêt et disposé à y entrer. À titre indicatif, on peut identifier certaines catégories d'acteurs de *Power-to-X* en fonction du stade actuel d'engagement des pays dans ce domaine, de leurs motivations éventuelles à produire des combustibles synthétiques et de leur rôle potentiel sur un marché mondial.

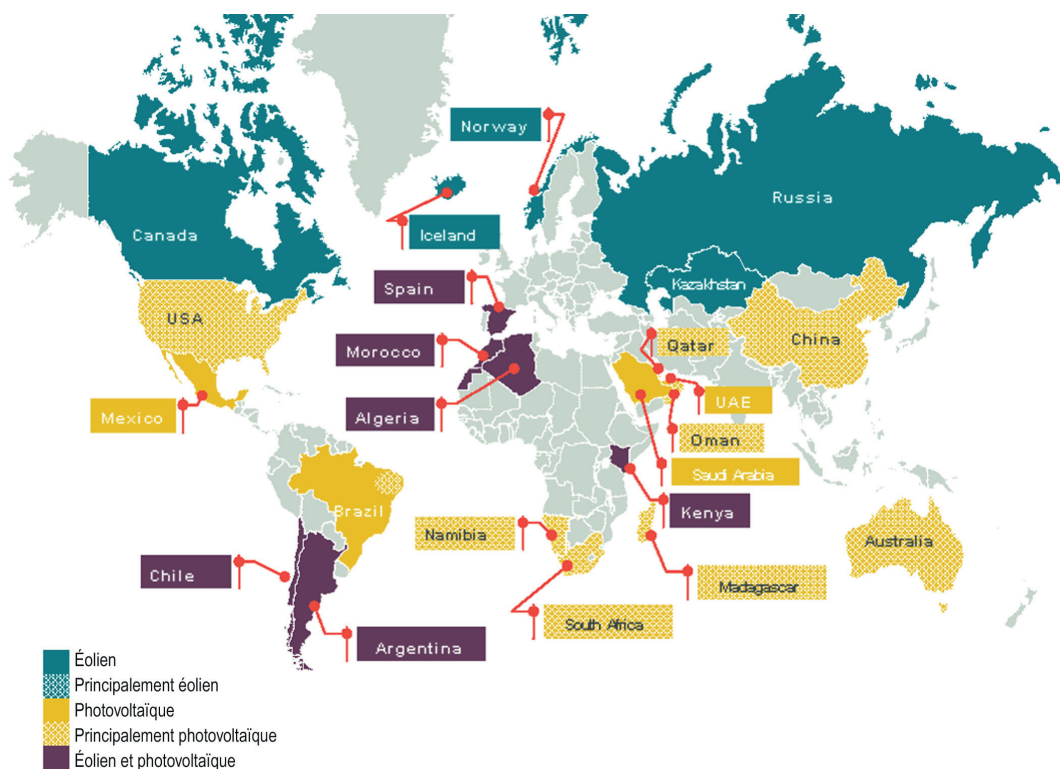


Figure 1. Aperçu des pays potentiellement producteurs de *Power-to-X*

Source : Frontier Economics

Les aspects internationaux d'une stratégie « Power-to-X »

Catégorie	Motivation et disposition	Exemple
 Les premiers pionniers	- Le <i>Power-to-X</i> fait déjà partie des options énergétiques. - Le potentiel d'exportation et la préparation au <i>Power-to-X</i> sont évidents. - Un partenaire commercial international simple. - Particulièrement favorable aux premiers stades de la pénétration du marché.	Norvège
 Les champions cachés	- Un potentiel renouvelable fondamentalement inexploré. - Un cadre politique et énergétique mature, mais souvent sous-estimé, avec des institutions suffisamment fortes. - Le <i>Power-to-X</i> pourrait facilement devenir un enjeu important s'il était encouragé de manière appropriée.	Chili
 Les géants	- Des ressources abondantes et disponibles : des zones terrestres immenses associées à une puissance souvent importante de renouvelables. - La préparation au <i>Power-to-X</i> n'est pas nécessairement une condition préalable, elle peut nécessiter des encouragements. - Fournir l'ordre de grandeur du <i>Power-to-X</i> demandé sur un marché mature.	Australie
 Les enthousiastes potentiels	- Au centre du débat sur le <i>Power-to-X</i> en Europe avec un fort potentiel <i>Power-to-X</i>. - Les partenariats énergétiques avec l'Europe favorisent le soutien politique. - Capacité à piloter le développement technologique ; peut dépendre fortement de solides encouragements politiques.	Maroc
 Les convertisseurs	- Conversion mondiale à long terme des sources d'énergie fossiles aux sources d'énergie « vertes » ; <i>Power-to-X</i> pour diversifier le portefeuille comme stratégie alternative de croissance à long terme. - Forte motivation pour le développement des technologies d'exportation de <i>Power-to-X</i> ; peut nécessiter un soutien politique et un partenariat avec l'UE et l'Allemagne.	Arabie saoudite
 Les candidats incertains	- Des potentiels renouvelables partiellement inexplorés, éventuellement associés à des politiques nationales ambitieuses en matière de changement climatique. - L'exportation de <i>Power-to-X</i> en concurrence avec la demande énergétique nationale croissante. - La motivation et le potentiel d'exportation des <i>Power-to-X</i> ne sont pas clairs ; peut conduire au développement de la technologie <i>Power-to-X</i>, mais l'exportation est incertaine.	Chine

Tableau 1. Catégorisation des producteurs et exportateurs potentiels

Source : Frontier Economics

Note : Les catégories de *Power-to-X* et le choix d'une catégorie pour un pays servent de point de départ pour identifier les stratégies de développement ; il ne s'agit pas d'une liste analytique et elle est facilement modifiable.

Nous distinguons les «premiers pionniers» (par exemple la Norvège), les «champions cachés» (par exemple le Chili), les «enthousiastes potentiels» (par exemple le Maroc), les «convertisseurs» (par exemple l'Arabie saoudite), les «géants» (par exemple l'Australie) et les «candidats incertains» (par exemple la Chine). Dans le Tableau 1, quelques pays sont analysés plus en profondeur à des fins d'illustration et ont été sélectionnés comme représentants d'un groupe d'autres pays présentant des caractéristiques et des potentiels similaires. De même, l'affectation de ces pays candidats à un type spécifique n'est pas nécessairement fixe et limitée et des caractéristiques d'autres types peuvent également s'appliquer. De même, certains pays peuvent être classés dans plusieurs catégories, car elles ne s'excluent pas mutuellement et peuvent se compléter.

La stratégie vers une industrie mondiale du *Power-to-X* repose sur trois axes : développer la technologie, créer des marchés/la demande et faciliter l'investissement/l'offre

Les marchés mondiaux pour le commerce des combustibles synthétiques ne se développeront que si l'offre et la demande arrivent à maturité à des rythmes relativement comparables dans le temps. Les axes fondamentaux suivants constituent le cadre pour le développement et l'établissement d'un marché et d'un commerce *Power-to-X* international :

- Axe «Technologies» — Feuille de route technologique pour la mise en place d'une industrie *Power-to-X* à grande échelle. Un marché mondial pour le *Power-to-X* nécessitera une mise à l'échelle technologique plus poussée et une réduction des coûts. En outre, l'initialisation d'un marché mondial des *Power-to-X* peut être soutenue par des technologies complémentaires comme l'hydrogène «bleu» (par exemple, par le vaporeformage du gaz naturel) ou — temporairement — le captage du CO₂ de la biomasse ou des processus industriels (nécessaire pour les combustibles synthétiques carbonés).
- Axe «Marchés et demande» — Feuille de route pour la mise en place de marchés et de

structures de demande fiables. Les combustibles synthétiques devront trouver leurs marchés pour assurer le financement des investissements. Il n'y aura pas d'industrie *Power-to-X* importante si les consommateurs n'achètent pas et ne paient pas pour des *Power-to-X* «verts». Par conséquent, la valeur environnementale du *Power-to-X* doit être convertie en termes monétaires dans les pays qui importent des combustibles synthétiques (par exemple, l'Europe ou l'Allemagne).

- Axe «Investissements et approvisionnement» — Feuille de route pour la mise en place d'un cadre favorable à l'investissement pour garantir l'approvisionnement en *Power-to-X*. L'industrie du *Power-to-X* doit être développée à la fois dans les pays producteurs et exportateurs et le cadre des investissements en unités de production *Power-to-X* doit être approprié pour attirer les investissements mondiaux nécessaires. Pour réaliser des investissements dans les pays potentiellement exportateurs de *Power-to-X*, les coopérations internationales peuvent être essentielles.

Les piliers sont liés entre eux et doivent être développés simultanément.

Axe «Technologies» : développer les technologies pour réaliser d'importantes économies

Le développement technologique nécessite des projets à grande échelle et un plus grand nombre d'installations pour normaliser la fabrication des applications et des processus. La réduction des coûts exige des effets d'apprentissage considérables et une amélioration de l'efficacité des technologies *Power-to-X*. Les principaux moteurs pour réaliser ces améliorations technologiques et ces économies sont donc les suivants :

- Augmentation de la taille des unités de production — Diverses études montrent que les coûts d'investissement diminuent avec l'augmentation de la taille des unités de production.
- Augmentation de la taille des installations — Pour standardiser la production des installations en unités modulaires standardisées;

pour cela, il faut une croissance significative de la taille du marché des installations.

En outre, au moins à court et moyen terme, le développement d'un marché mondial du *Power-to-X* peut bénéficier de technologies à faible coût qui peuvent compléter le *Power-to-X*, telles que :

- l'hydrogène « bleu », produit par le reformage à la vapeur du gaz naturel avec captage et stockage du carbone (CSC),
- le captage du carbone à partir de sources moins coûteuses telles que les émissions industrielles et la biomasse au lieu du captage direct de l'air.

Bien qu'il existe déjà un certain nombre de projets *Power-to-X* actifs dans le monde, il n'existe actuellement que très peu de projets internationaux basés sur les énergies renouvelables démontrant la faisabilité et la capacité technique des exportations de *Power-to-X* tout au long de la chaîne de valeur ; qui plus est, ce ne sont pas des projets à grande échelle. Les combustibles synthétiques sont actuellement produits à plus petite échelle et, dans certains cas, l'électricité est prélevée sur le réseau électrique public. En outre, les projets pilotes et de démonstration *Power-to-X* actuels sont conçus pour des marchés de niche locaux. Des projets pilotes intégrés à plus grande échelle visant à démontrer la viabilité des exportations de *Power-to-X* vers l'Europe basées sur les énergies renouvelables peuvent ainsi constituer la prochaine étape vers le développement d'un marché international des *Power-to-X*.

Axe « Demande et marchés » : des politiques reflétant la valeur « verte » du *Power-to-X*

Pour établir un marché mondial du *Power-to-X*, il est essentiel que les investisseurs puissent garantir le financement de leurs projets et trouver des marchés à long terme pour leurs produits. Dans ce contexte, cela implique que les combustibles synthétiques « verts » doivent être demandés par les clients à un prix qui couvre le coût et reflète la valeur de sa neutralité

carbone. Sans un marché de la demande adéquat et sans clients disposés à acheter le produit, on ne peut pas s'attendre à ce que les investissements dans les technologies et les installations *Power-to-X* aient lieu à long terme, ni en Europe ni ailleurs.

Pour soutenir la mise en place de marchés *Power-to-X*, les décideurs politiques pourraient envisager les mesures suivantes :

- À court terme, un soutien aux projets pilotes et de démonstration est nécessaire : les projets *Power-to-X* devront bénéficier d'un soutien public pour être financés si le cadre réglementaire n'incite pas à payer pour la valeur verte des *Power-to-X*. Les premières usines qui offrent une production de combustibles synthétiques à grande échelle nécessiteront un financement beaucoup plus important que les usines suivantes.

- La réglementation des marchés de l'énergie devrait être adaptée de manière à ne pas entraver la R&D et les investissements dans les technologies et les installations *Power-to-X* : les taxes et les prélèvements devraient être structurés de manière à ce que les combustibles synthétiques ne soient pas désavantagés. Par exemple, l'électricité utilisée pour la production de *Power-to-X* pourrait être (partiellement) exemptée de taxes et de prélèvements sur l'énergie à court terme.

- La croissance du marché peut être soutenue par des mesures politiques ciblées visant à créer des marchés dans des secteurs et des segments spécifiques, par exemple en créditant le *Power-to-X* par rapport aux objectifs ou obligations en matière d'énergie renouvelable et de réduction d'émissions de CO₂. Une autre option serait d'autoriser la compensation des *Power-to-X* pour la détermination des seuils d'émissions : le *Power-to-X* devrait être un élément de politique énergétique en matière d'énergies renouvelables, à prendre en compte sur un pied d'égalité.

- À long terme, il faut créer des conditions équitables pour les technologies de réduction des émissions de CO₂, y compris le *Power-to-X* « vert », à l'échelle mondiale : le *Power-to-X* vert devrait entrer en compétition

équitablement avec les autres technologies de réduction d'émissions de CO₂ à long terme.

Axe « Investissement et approvisionnement » : cadre pour l'investissement et les politiques internationales

Des investissements importants dans les technologies et les usines *Power-to-X* des pays producteurs seront essentiels pour développer une industrie et un marché *Power-to-X* à l'échelle mondiale. Ces investissements nécessitent un cadre politique adéquat. Afin d'améliorer les conditions d'investissement pour les *Power-to-X*

verts, les responsables de la politique énergétique (par exemple en Europe et Allemagne) devraient s'efforcer d'améliorer encore les pays exportateurs de *Power-to-X* verts (potentiels). Ces améliorations pourraient inclure :

- L'intensification des coopérations non contraignantes avec les pays exportateurs d'énergie et l'augmentation du nombre d'États ou de régions ayant un partenariat énergétique. Une industrie *Power-to-X* peut soutenir à la fois la politique de lutte contre le changement climatique dans les pays importateurs (par exemple en Europe et en Allemagne) et le développement des économies et des systèmes énergétiques dans les pays exportateurs.

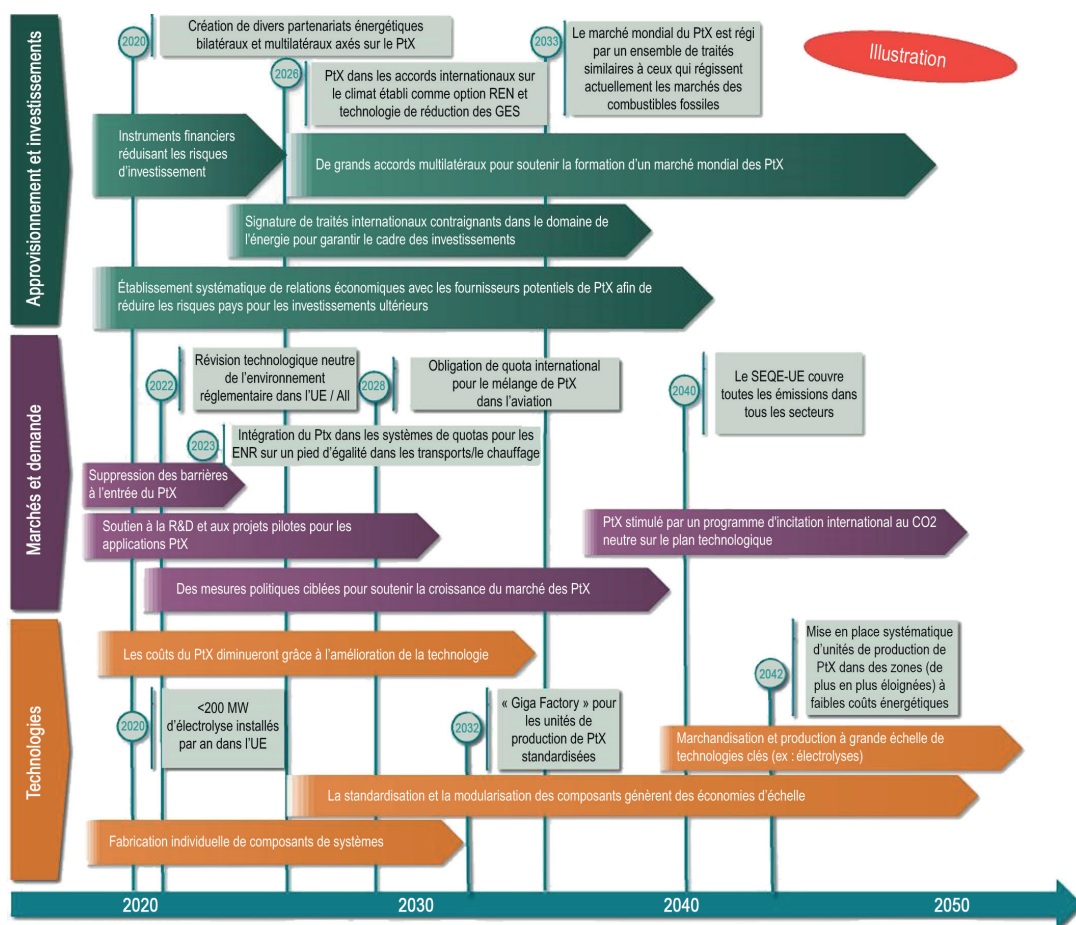


Figure 2. Les trois axes d'une feuille de route internationale pour les *Power-to-X*

Source : Frontier Economics

- L'encouragement à la conclusion d'accords ou de traités énergétiques juridiquement contraignants comme approche progressive pour améliorer le climat d'investissement. Le *Power-to-X* devrait faire partie de l'agenda politique des négociations multilatérales telles que les conférences de la CCNUCC et les accords sur l'énergie et le climat. Le traité sur la charte de l'énergie pourrait être promu auprès d'un nombre croissant d'États puisque seuls une cinquantaine de pays l'ont signé et ratifié jusqu'à présent. Ce serait un pas important dans la bonne direction.

- Des normes pour les importations de *Power-to-X* et la mise en place de systèmes de contrôle et de certification régionaux et mondiaux pour garantir que les normes sociales et environnementales sont respectées. Cela peut renforcer la confiance dans les marchés mondiaux des *Power-to-X* et garantit que la valeur verte des *Power-to-X* peut être « capturée » à l'échelle mondiale.

- Évaluer le soutien financier pour atténuer les risques — les gouvernements et les autorités étatiques peuvent soutenir (temporairement) les investissements dans les *Power-to-X* verts dans les pays étrangers. L'objectif est de réduire les obstacles financiers potentiels liés aux risques pays, par exemple en accordant des garanties d'État ou des prêts spécifiques.

- Un soutien diplomatique stratégique peut favoriser l'établissement de relations pertinentes et la mise en place de premiers projets.

Le calendrier et les interdépendances complexes exigent une approche coordonnée pour développer un marché international du *Power-to-X*

Outre les étapes nécessaires décrites spécifiquement pour chaque axe, il est nécessaire de mener une action coordonnée tout au long des étapes de développement de chaque axe. Les décideurs politiques doivent donc faciliter et soutenir le développement dans tous les domaines en parallèle comme cela est illustré dans la Figure 2.

- Le développement et la mise à l'échelle des technologies requises pourraient être

facilités par un soutien direct à la R&D. Plus important encore, la création d'opportunités et d'analyses de rentabilité précoces peut aider à développer, appliquer et tester les applications requises dans des projets pilotes et des marchés de niche.

- Des politiques efficaces en matière de changement climatique ou des mesures d'incitation appropriées (comme, par exemple, l'attribution de crédits d'émission au *Power-to-X* sur les énergies renouvelables ou des objectifs en termes de réduction d'émissions de CO₂) garantiront la validation et la certification de produits *Power-to-X* et soutiendront le développement du marché.

- Les investissements dans les capacités de production devraient être encouragés par un environnement général favorable aux investissements et par la perspective de futurs *business models*.

Avec la maturité croissante et l'accélération de la croissance du marché des *Power-to-X*, la politique devrait viser à l'intégration internationale et passer de politiques orientées vers les technologies à une approche plus générique afin de fournir des conditions de concurrence équitables pour toutes les technologies neutres en carbone, y compris les *Power-to-X*.

NOTES

1. Sauf indication contraire explicite, les références aux *Power-to-X* ou aux combustibles synthétiques dans cet article concernent exclusivement les produits renouvelables ou « verts ».

2. L'hydrogène est produit par électrolyse de l'eau et n'est donc pas synthétisé ; dans le cadre de cette étude, cependant, on compte l'hydrogène dans la catégorie des combustibles synthétiques (par souci de simplicité).