



Hydrogen Business For Climate CONNECT

Concrétiser la transition H2 en France et en Europe

Webinaire 12 au 13 janvier, Belfort

Actuellement, il y a un grand enthousiasme pour l'hydrogène. On est entré dans la décennie de l'hydrogène. D'ici 2050, les territoires vont devoir atteindre la neutralité carbone. On assiste à une réduction des émissions de GES dans le secteur industriel, de l'habitat, des services etc. Les émissions dans le domaine des transports n'ont quasiment pas baissé ces 20 dernières années. Le développement de l'hydrogène pourrait faire évoluer les choses.

*L'hydrogène repose sur un système gagnant / gagnant : **décarbonation** et création de **filières H2 locales**. Ce gaz permet de répondre à la problématique du **stockage des énergies renouvelables**. Les activités industrielles, l'organisation des réseaux d'énergie, les transports, les formations vont devoir s'adapter et évoluer par rapport à cette révolution.*

Il y a un enjeu à développer rapidement cette filière afin de pouvoir exporter ce savoir-faire où l'UE est en pointe. Par le passé, l'avance européenne pour les panneaux photovoltaïques a été par exemple dépassée par la Chine.

*D'une façon générale, quand on pense H2, il faut prendre en compte la **production**, le **stockage** puis **l'utilisation**.*

1. Comprendre la révolution Hydrogène

1.1. La Région Bourgogne Franche-Comté à la pointe

La région Bourgogne Franche-Comté doit être neutre pour ses émissions GES en 2050. Tous les signaux sont au vert pour l'hydrogène. On a une stratégie européenne et nationale s'appuyant sur un relais régional. Dans le cadre de son plan Hydrogène, l'État va débloquer une enveloppe de **7,2 Md€ d'ici 2030** dont **3,4 Md€ à un horizon 2023**. A cela s'ajoutent les appels à projets de l'ADEME pour développer les écosystèmes territoriaux hydrogène.

Pour développer une filière hydrogène locale, il faut avancer sur les deux pieds en prenant en compte la question du **développement industriel** et des **usages**.

Le nord Franche-Comté a 20 ans d'expérience dans le domaine et présente un **vrai écosystème hydrogène** :

- Recherche académique ;
- Recherche privée : Faurecia etc. ;
- Diversité dans les projets (production, mobilité, stationnaire).

La région bénéficie également d'un positionnement géographique idéal. Dans cette région, l'État veut **développer les usages** et les **outils industriels**. La volonté, c'est de **structurer cette filière locale pour qu'elle puisse se renforcer**.

Le Nord Franche-Comté est précurseur dans l'H2 depuis longtemps et le territoire doit le rester. Il y a de nombreux projets de développement qui sont soutenus par les collectivités avec un appui de l'État. L'État, la Région se positionnent comme des **initiateurs et des facilitateurs**. Par exemple, lorsque des entreprises veulent s'installer sur le territoire, elles trouvent la **Région**, des **collectivités locales** et un **État** pour accompagner le projet. Le programme TIGA facilite également le passage d'un territoire industriel vers l'hydrogène.

Il y a des **projets universitaires et privés**. Pour que la filière se développe, il y a l'enjeu de former des ouvriers, des employés, des ingénieurs en lien avec la filière. **La mobilité et l'énergie** sont les deux piliers industriels locaux qu'on retrouve dans l'hydrogène.



1.2. Les usages de l'hydrogène

90 % de l'univers est composé d'atomes d'hydrogènes. L'hydrogène est partout mais malheureusement, il n'est jamais vraiment tout seul. Pour qu'il soit utilisable, il faut le produire sous une **forme de dihydrogène (H2)**. Après il faut le stocker et l'utiliser dans différentes applications.

Modes de production de l'H2 :

- 95 % de l'H2 produit dans le monde est produit à partir de ressources fossiles (pétrole, gaz naturel voire du charbon) : c'est ce qu'on appelle l'**H2 gris**.
- **H2 bleu** : séquestration carbone ou adossé à une centrale nucléaire.
- **H2 vert** : produit à partir d'énergies renouvelables.

L'électrolyse de l'eau consiste à y placer deux électrodes et y faire circuler un courant électrique continu. On constate alors un dégagement d'oxygène à l'électrode + et d'hydrogène à l'autre électrode. C'est une réaction très simple que tout le monde a vu au cours de sa scolarité.

Pour développer de l'hydrogène vert, il faudra que les **installations de production d'énergies vertes soient locales, soient centralisées**. Cela peut par exemple passer par :

- Des panneaux photovoltaïques ;
- De l'éolien : capacité de production plus importante.

Un électrolyseur peut être installé à proximité immédiate d'un champ d'éoliennes : couplage électrolyseur / production énergie verte. On peut ainsi décarboner tout un territoire. Il est également possible de produire de l'hydrogène vert par méthanisation.

Usage mobilité :

- Mobilité : faire un plein de H2 est **rapide** : quelques minutes, et l'**autonomie est plus importante** que celle d'un véhicule électrique. Avec un réservoir bien dimensionné, un véhicule H2 est capable de parcourir la même distance qu'un véhicule thermique. Ce sont les principaux avantages du H2 dans les mobilités.
- H2 pourrait trouver son application pour les **transports lourds** : PL, trains, bus, péniche / cargo voire même avion. Concernant l'aviation, le principal avantage est le faible poids de l'hydrogène à la différence des batteries électriques.

Quelques exemples d'application :

- **Taxi Hype :**

Avant les sociétés de taxi privilégiaient le diesel pour des impératifs économiques. Maintenant il faut prendre en compte les **impératifs écologiques**. La société de taxi Hype est pionnière dans le domaine avec sa flotte de **taxis à hydrogène**. À Paris un taxi fait 200-250 km / jour. L'autonomie d'un taxi H2 est de 500 km. Il n'y a donc pas de problème d'autonomie. Cela ne change pas la façon de travailler pour les chauffeurs. Le plein se fait en 3 minutes sans mauvaises odeurs et risques pour la santé pour le chauffeur et les riverains. Il y a un réel confort de conduite avec un véhicule à H2. Les personnes transportées sont satisfaites : confort, pas de bruit et respect de l'environnement. La société de taxi rencontre deux types de clients : ceux qui prennent le taxi à la volée dans la rue et ceux qui souhaitent utiliser un mode écologique.

Concernant les taxis, il y a un **grand potentiel de développement pour l'hydrogène** : fin annoncée du Diesel à Paris en 2024, nouvelles normes environnementales. L'hydrogène permettra une transition rapide des flottes. Un **partenariat** a été noué avec Air Liquide pour la station à H2. Hype n'a pas attendu que l'hydrogène vienne à la société avec ses stations-service. **La société a été proactive en prenant elle-même l'initiative d'un tel développement avec les partenaires concernés**. À chaque fois, on revient à la sempiternelle question de « l'œuf ou la poule ».

- **Faurecia :**

L'entreprise a investi 200 M€ d'investissement pour les réservoirs à H2. Le centre de Bavans (Doubs 25) est un **centre d'expertise mondial** pour un système de stockage H2 léger. Faurecia va fournir les réservoirs de 1600 camions Hyundai dès 2021. Le réservoir est constitué de matériaux composites pour être solide et léger. Il doit être capable de stocker de l'hydrogène à des pressions allant de 350 à 700 bars. Les hautes pressions permettent d'augmenter la densité énergétique de l'H2 stocké. Il faut savoir qu'1 kg de H2 c'est 100 km d'autonomie pour une voiture. **Un kg d'hydrogène permet de produire trois fois plus d'énergie qu'un kg d'essence**. Faurecia veut améliorer les techniques mais aussi réduire fortement les coûts de production. Il va falloir fortement faire baisser les coûts pour que le H2 devienne compétitif.



- **H2SYS :**
Il s'agit de **groupes électrogènes à hydrogène** destinés aux remorques frigorifiques des camions.
La société a également développé un groupe électrogène à hydrogène pouvant s'intégrer dans un camion de pompiers.
La société propose également des groupes H2 pour les chantiers, pour les tournages de film ou de concert comme aux Eurokées de 2019. Les installations ne font quasiment aucun bruit. Lors des jeux internationaux de la jeunesse à Vesoul en 2018, les groupes H2 ont alimenté en électricité les dispositifs de chronométrage des courses de vélo notamment.
- **Projet Dijon métropole Smartenergie (DMSE) :**
La métropole va acheter des bus et des camions de ramassage des ordures à H2. La combustion des ordures permet de générer de **l'énergie électrique**. Cette électricité permet de produire de **l'hydrogène** local. L'agglomération de Dijon va également produire de l'H2 verte avec la construction d'un parc de 14 ha de panneaux photovoltaïques. Il y a toute une véritable filière énergétique locale qui est en train de se développer.
Les bus à hydrogène sont encore très chers. Il n'y a pas de concurrence et coûts X 2,5 par rapport à des bus thermiques. Malgré les aides du plan de relance le coût est élevé. Il faudrait faire des **achats groupés pour faire baisser les coûts**. Pour les bus, le gain de poids est vraiment important par rapport à l'électrique et ses batteries.
La station-service H2 pour les camions à ordures sera ouverte à d'autres utilisateurs.
- **Avion Mauboussin :**
L'objectif de la société est de décarboner ses avions deux places avec :
 - Une motorisation hybride mise sur le marché en 2024 : décollage et atterrissage en mode électrique.
 - Et ensuite un avion 100 % H2 en 2026-2027L'hydrogène est stratégique dans l'aviation car ce gaz est léger à la différence des batteries électriques. Airbus devrait mettre sur le marché en 2035 un avion « 0 carbone » à hydrogène.

1.3. Formations

Daniel HISSEL du CNRS précise qu'on a besoin de créer beaucoup de formations ou en adapter pour basculer vers l'H2. Depuis 2014, un master énergie / H2 a été créé. Les premières personnes sont sorties en 2019. Tous les étudiants ont trouvé un emploi. Il faut des formations à bac + 5, bac + 8 mais aussi à un niveau bac pro ou bachelor.

2. Les écosystèmes publics et privés structurants

2.1. Les institutionnels / entreprises

ADEME

L'ADEME travaille sur la H2 depuis longtemps. Maintenant cela s'accélère, l'hydrogène est un sujet prioritaire avec **des appels à projets** pour :

- La mise en place d'écosystème territorial;
- L'industrie et la mobilité.

Cet appel est projet est ouvert à tous. Les dossiers de candidatures sont à déposer d'ici fin 2021.

France Hydrogène

Le plan hydrogène a été présenté en septembre 2020. Il prévoit une enveloppe de **7 Md€**. La décennie qui s'ouvre sera celle de l'hydrogène. L'État va répondre à cet enjeu en y mettant des moyens financiers très conséquents.

Au-delà des sommes importantes, il y a un **Conseil National de l'Hydrogène** qui s'est mis en place avec un coordonnateur national de l'hydrogène. Le conseil national est composé par les industries de l'automobile, de la



chimie, de l'aéronautique, des mines, de la métallurgie et de grands groupes : Engie, EDF, Air Liquide etc. Il y a **l'ensemble de l'industrie française**.

Le défi est énorme. **On est face à un facteur 1 000**. On est en France à **7 méga W d'électrolyse en 2021**, il va falloir passer à **7 000 méga W d'ici 2030**. Il y a un changement d'échelle colossal pour atteindre cet objectif.

France Hydrogène est soutenue par **les collectivités**. **Les régions sont membres de France Hydrogène**. À des rythmes divers, les régions ont défini des stratégies pour **créer des écosystèmes territoriaux H2** afin de réduire les coûts et de permettre l'accès à cette énergie propre au plus grand nombre. L'objectif est de massifier.

Partenariat taxi Hype / Air Liquide

Pour qu'un écosystème hydrogène se développe, il faut des **entrepreneurs très disruptifs** comme Hype et **s'appuyer sur des fournisseurs** comme Air Liquide. Ce projet est **réplicable** dans d'autres métropoles. Pour que cela soit rentable, il faut multiplier les projets et les usages. Par exemple, le développement de la « **petite mobilité hydrogène** » passe par la mise en place de flottes de taxis à l'hydrogène = logique de massification. La mobilité utilitaire intensive à fort volume peut faire baisser les coûts de la H2 : besoin de beaucoup de piles à combustibles, de réservoirs à produire etc.

Cette « **mobilité légère mais intensive** » est indispensable à la filière. Des déploiements, comme Hype sont susceptibles de générer des volumes intéressants pour les industriels et contribuer à faire baisser les coûts. 16 stations H2 devraient être déployées à Paris d'ici 2024. Aujourd'hui il n'y a qu'une station Pont de l'Alma. Il faut renforcer la flotte de taxis à H2 et les stations H2. Il faut que les deux avancent ensemble, en marchant sur leurs deux pieds.

2.2. L'Europe montre la voie

Hydrogène Europe

La commission européenne a des objectifs très ambitieux en matière de **développement de l'hydrogène vert**. Tout est lié au **Green Deal, la feuille de route de la croissance de l'Europe**. L'H2 est un pilier de croissance majeur. La crise du Covid-19 a accéléré les choses puisque dans le plan de relance européen l'H2 joue un rôle important. L'UE s'est mobilisée sur le sujet.

L'UE a un objectif de production de H2 vert de 2 X 40 gigawatts d'ici 2030. Les ambitions sont importantes. Les industriels européens vont investir **430 Md€** dans les dix prochaines années. L'UE a décidé de jouer dans la cour des grands. Pour répondre à ces ambitions, l'UE a mis en place un certain nombre de dispositifs d'aide pour les projets en lien avec la mobilité, production d'H2 décarbonée, de stations-service H2 etc.

Les industriels, la Commission européenne et l'Association H2 Europe avancent dans le même sens. **L'objectif, c'est vraiment d'avoir une filière H2 européenne forte, robuste** qui puisse se développer dans le monde. On aurait une sorte d'Airbus de l'hydrogène.

L'IPCEI (projet d'intérêt industriel européen) offre un cadre réglementaire facilitant le soutien public à des projets transnationaux d'innovation proches des marchés capables de contribuer au soutien de la croissance économique, de l'emploi et de la compétitivité de l'Europe. C'est un mécanisme permettant de dé plafonner les aides d'État aux entreprises. Des projets H2 peuvent être concernés. Cela permettra de développer une filière industrielle forte H2 à l'échelle de l'UE.

Coopération entre région : projet S3

Partenariat S3 lancé en mai 2019 dans 46 régions membres. C'est un partenariat piloté par 4 régions en pointe sur l'hydrogène : Normandie, Rhône-Alpes Auvergne, Aragon, une province des Pays Bas.

L'Aragon travaille sur l'hydrogène depuis une quinzaine d'années. Pour que les stratégies hydrogènes fonctionnent, il est nécessaire de mettre tous les acteurs autour de la table.



2.3. Le reste du monde

Japon

Toyota est l'un des premiers fabricants de voiture à avoir lancé un véhicule 100 % hydrogène. 133 stations-service H2 sont déployées au Japon. Il y a une stratégie de développement pour l'hydrogène mobile : 3 000 tonnes de H2 réservées aux mobilités d'ici 2030. L'ambition du Japon est très modeste comparée à celle de l'UE. Toutefois, pour atteindre la neutralité carbone d'ici 2050, le Japon a élaboré une stratégie forte H2 fin 2020.

Le Japon a commencé à développer l'hydrogène dans le secteur mobilité mais il faudra aussi aller vers les aciéries, les cimenteries, l'industrie etc. L'hydrogène vert produit au Japon est limité. Il faudra sans doute importer de l'hydrogène depuis les autres continents.

Corée du Sud

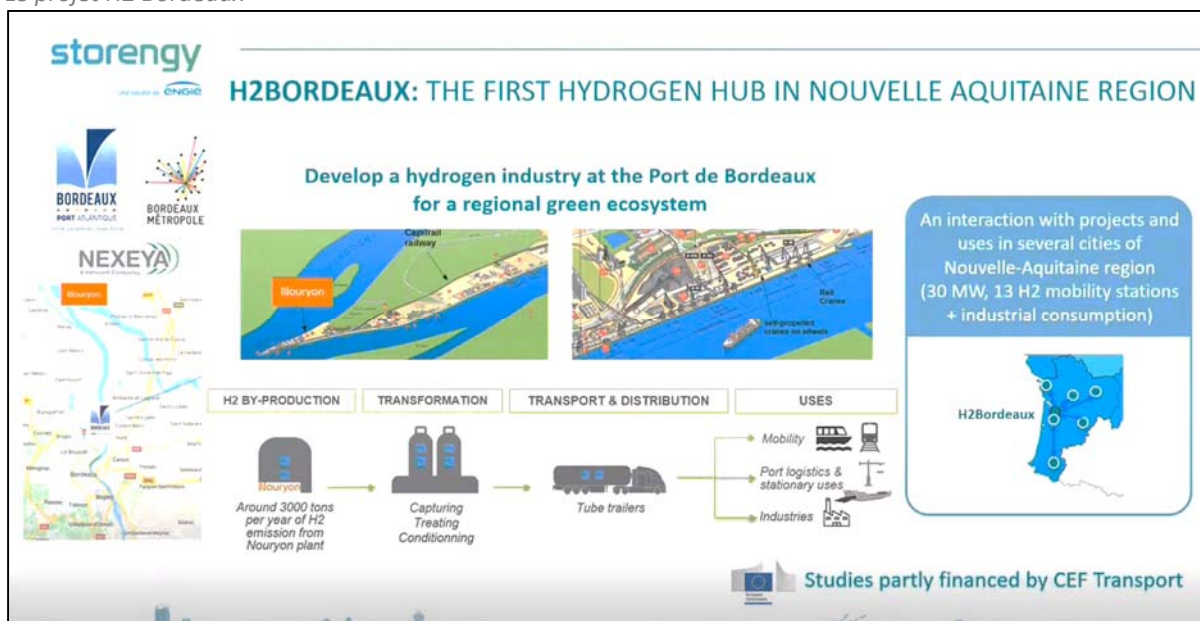
La Corée du Sud est très en avance avec 100 stations de recharge, des développements de camions et de bus H2. En Asie il y a plus de 20 000 véhicules H2 sur la route. C'est la plus forte concentration au monde.

2.4. Exemple de production de H2

Valorisation de l'hydrogène fatal

H2 Bordeaux est un projet de hub H2 territorial. Une industrie chimique produit 3 000 tonnes de H2 fatal chaque année. L'objectif est de récupérer cette H2 en le purifiant, le reconditionnant et en le distribuant au moyen d'un **hub territorial**. Ce dernier pourrait alimenter les industries, les péniches, les trains, les activités du port (logistique et usages stationnaires) etc.

Le projet H2 Bordeaux



Life : start-up Nantes

La société propose des installations produisant de l'hydrogène à partir d'électricité générée par des éoliennes. L'électricité permet de faire fonctionner des électrolyseurs positionnés juste à côté des éoliennes. Le premier site de production se situera à Port du Bec Bouin près de Nantes. Il fonctionnera au printemps 2021. Comme le montre le photomontage ci-dessous, le parc éolien est directement relié à l'électrolyseur. Il y a 0 émission de CO2 de la production à l'utilisateur.



Un parc d'éoliennes et un électrolyseur



Il y a des installations en projet en France, en Allemagne, en Scandinavie etc. Les électrolyseurs sont fournis par Nel. L'idée est de travailler à la standardisation des électrolyseurs. Nel a pour objectif de massifier la production des électrolyseurs pour réduire les coûts.

Suisse

D'ici 2025 il y aura 1 600 camions Hyundai à hydrogène en Suisse. La confédération est un bon endroit pour tester ces PL à H2 en Europe : coût du gazole élevé, vignette PL mais pour un PL « 0 émission » pas de vignette. Ces taxes éliminent petit à petit les véhicules diesel.

Il y a toujours le problème de la « poule et de l'œuf ». Un lien a été opéré entre le projet mobilité de Hyundai et le projet H2 en Suisse. Actuellement, il y a une vingtaine de camions H2 sur les routes. On n'a pas besoin de faire le plein pendant une semaine. Il y a également des projets de déploiement de stations hydrogène. Pour Hyundai c'est un modèle qui est répliquable à d'autres territoires.

Il faut donc jouer sur l'aspect financier et les taxes pour favoriser des véhicules 0 carbone.

3. D'importantes initiatives en France et en Allemagne

Train à H2

Deux trains à H2 ont circulé dans le Land de Basse-Saxe pendant une durée de 18 mois à compter de septembre 2018. Les deux trains H2 d'Alstom circulaient en service voyageurs. Ils faisaient 54 m de long et avaient une capacité de 150 voyageurs. Ensuite les 2 rames ont été testées au Pays-Bas et en Autriche pour homologation. Le Land a passé une commande de **14 rames à Alstom**. La Région de Francfort en Allemagne a commandé **27 rames qui seront alimentées en H2 fatal issu de l'industrie chimique**. En France, seule la Région Bourgogne Franche-Comté a commandé des trains à H2.

La consommation massive de H2 est l'un des avantages des trains à hydrogènes. En créant un hub hydrogène, il y a également un potentiel pour d'autres opérateurs de transport pour faire le plein de leurs bus, de PL, d'une flotte de véhicules de livraison. Une flotte de 5 à 10 trains, c'est 2 tonnes de H2 consommées par jour, soit environ 700 tonnes par an. Les trains régionaux reviennent à un seul point tous les soirs. C'est un avantage pour faire le plein.

Alstom est en train de travailler à des locomotives Fret à H2. Il faudra que le train puisse se recharger tout au long de son parcours ce qui suppose d'avoir un maillage continu de stations de recharge.

Stockage de l'Hydrogène

L'un des gros enjeux est le stockage de l'hydrogène. L'avenir c'est le stockage sous forme liquide. Cela permet de prendre moins place mais nécessite une pression de 700 bars. Quand les techniques de stockage seront au maximum de leur efficacité, cela sera plus simple de développer la H2. La France et l'Allemagne vont travailler à ce sujet stratégique.

En effet, il va falloir faire des choix techniques dans le domaine et construire de nouvelles normes.



Stations-service H2

C'est le nerf de la guerre et on est toujours face à la question de « l'œuf ou de la poule ». En Allemagne, le gouvernement a fait le choix d'un réseau national de distribution de la H2 sur le même modèle que les stations essences. EN 2021, il y a trop de stations par rapport à la demande. H2Mobility a déployé près de 100 stations dans des lieux stratégiques. En 2024, il devrait y avoir 400 stations en Allemagne ouvertes non seulement aux véhicules lourds mais aussi aux voitures particulières H2.

En France, il y a le projet Engie / Total de déployer 1 000 stations H2 à l'horizon 2030.

Projet de territoire : EMIL'Hy

Le projet est situé dans la CC de Saint-Avold et va couvrir une partie française, allemande et luxembourgeoise. La centrale électrique à charbon de Saint-Avold va cesser son activité. Le territoire a voulu lancer un projet H2 sur le site de la centrale de Saint-Avold car certaines infrastructures de production sont réutilisables. L'objectif, c'est de développer une filière, dépassant le cadre des infrastructures en développant par exemple des formations par rapport à ces nouvelles techniques.

Le projet **EMIL'Hy** est un projet de production de H2 vert avec :

- Des usages mobilités ;
- Et des usages industriels pour alimenter les entreprises du secteur grâce à la mise en place d'un réseau de distributions H2 reliant la France et l'Allemagne.

Ce projet va candidater aux appels à projets ADEME.

En plus du projet EMIL'Hy, la démarche **Mosaïque** repose sur la valorisation d'infrastructures de distributions gaz (GRT gaz et opérateurs allemands). Le réseau est en place. Ces pipes sont des tuyaux pour le gaz naturel. Ils seront reconvertis pour le H2. Cet H2 viendra d'EMIL'Hy. À 20 km de Saint-Avold, il va y avoir un projet de production de H2 qui pourra également utiliser le réseau de pipe H2.

Pour faire court, ce projet repose sur de la **production H2**, d'un **réseau de distribution** et de **clients potentiels**. Il y a un grand aciériste allemand situé à quelques kilomètres du pipe. Il faudrait faire quelques kilomètres de réseau pour le connecter. On commencerait à avoir un écosystème industriel. On a également le projet de créer un pipe jusqu'à Nancy pour stocker la H2 en cavité saline.

Projet Giga factorie

Dans le cadre des projets européens, il y a l'objectif de passer à 2 X 40 gigawatts d'électrolyse. Cela correspond à 20 000 m³ / an. Les attentes des grands donneurs d'ordre : énergéticiens et industriels sont de disposer de **centrales massives de productions H2**. L'idée est de réduire les coûts.

Le giga factory repose sur la réalisation d'une usine de 1 000 Méga / Watt par an dans l'UE. La première usine pourrait être créée en France d'ici 2024. À un horizon 2025-2027, une nouvelle giga factory pourrait être créée en Allemagne en fonction de la demande du marché. En Italie, MacPhy dispose d'une usine produisant 300 Méga / Watt par an.

Le Bloc-Notes de l'Agence, édité et imprimé par :

L'Agence d'Urbanisme de la Région Mulhousienne

33 avenue de Colmar, 68 200 Mulhouse

Rédaction : Stéphane DREYER

Date : février 2021

Toute reproduction autorisée avec mention précise de la source et référence exacte