

Appel à innovations JOP 2024

Dossier de candidature

[RHYVER]

Porteur du projet : HySiLabs

Description synthétique du projet : *objectifs, caractéristiques, pertinence par rapport à l'ambition des JOP...*

Dans le cadre de la propension des transports sans émission prévus lors des JOP 2024, ce projet propose une alternative innovante de transport sécurisé d'hydrogène sur l'axe fluvial entre le Havre – Rouen – Paris (Gennevilliers) avec :

- Une innovation de l'entreprise française HySiLabs de transport et stockage d'hydrogène (H₂) sous une forme liquide (HydroSil) à température et pression ambiantes. L'HydroSil est stable, non toxique, non explosif et non dangereux.
- L'utilisation du vecteur de transport fluvial contribuant à la réduction de l'empreinte carbone pour le déplacement et la distribution d'énergie.

Thématique(s) :

Le projet concerne précisément la thématique 4 – « Transport de marchandises »

Il permet néanmoins d'apporter une contribution à d'autres thématiques souhaitées par JOP 2024 :

- A la **thématique 5** (Mobilités actives et nouvelles mobilités) en apportant une nouvelle solution de distribution de carburant hydrogène aux véhicules décarbonés recherchés par l'organisation JOP 2024.
- A la **thématique 7** (Prospective des mobilités en France en 2050) avec une contribution à la transformation du secteur des transports par la mise en œuvre d'une solution de facilitation de la distribution du carburant hydrogène.

Localisation du lieu d'expérimentation/démonstration : Le Havre – Rouen - Paris

Budget (en k€) : 280 K€

Stade d'innovation

- En début de projet : pré industriel
- En fin de projet (T1 2024) : Commercialisation

Nature de l'aide recherchée :

Labellisation du projet, aide pour ingénierie et logistique, recherche de financements.

Présentation du porteur de projet (3 pages maximum)

Porteur du projet et partenaires associés

- Entités impliquées dans le projet : HySiLabs
- Répartition des capitaux

Pierre-Emmanuel CASANOVA	30%
Vincent LÔME	26%
Total fondateurs	56%
Rhône-Alpes Création Viveris Venture – R2V	20%
Région Sud Investissement	9%
CAAP Création	5%
KIC InnoEnergy	8,5%
Autres	1,5%
Total investisseurs	44%

- Principaux actionnaires (en cas de détention par une holding, préciser l'actionnariat de cette dernière)
 - Pierre-Emmanuel CASANOVA (CEO de l'entreprise) et Vincent LÔME (CTO de l'entreprise), co-fondateurs de la société
 - Fonds d'investissement : R2V, Région Sud Investissement, CAAP Création, KIC InnoEnergy.

Activité

- Nature de l'activité du porteur et des entités impliquées dans le projet :

Dans un contexte de déploiement de la filière hydrogène, HySiLabs a développé un vecteur liquide d'hydrogène (appelé HydroSil), stable à température et pression ambiantes. Cette solution de rupture technologique dans les énergies tire parti des intéressantes propriétés de l'hydrogène sans les problématiques historiquement liées à son stockage et son transport. En produisant ce liquide à partir d'énergies renouvelables, cette innovation facilite le déploiement de solutions plus respectueuses de l'environnement en remplacement des énergies fossiles.

La société **Meije development** a pour activité le conseil en développement d'affaires en France et à l'international. Ses domaines d'intervention sont : Le développement d'Affaires Conseil en stratégie de développement, acquisition d'entreprises, lobbying, promotion commerciale,

apport d'affaires, etc. Le développement Local Prospection d'entreprises, appui à la création et au développement d'entreprises, appui au développement international de PME, valorisation de patrimoine local, développement de l'économie de montagne. Le développement de Projets Assistance à Maîtrise d'Ouvrage (AMO). Diagnostic territorial et environnemental, étude d'un projet de territoire, cartographie des acteurs, stratégie de concertation locale, accompagnement, aménagement et facilitation de projet, médiation locale, aménagement ou projet immobilier, etc.

Depuis plus de 25 ans, **Logma SAS** (www.logma.fr) fournit des services de conseil dans l'écosystème des transports et de la mobilité. Reconnue depuis de nombreuses années pour la mise en œuvre de technologies et d'infrastructures de transport, Logma a accompagné les différents acteurs de l'industrie en Europe et dans le monde. Plus récemment, Logma a contribué à l'analyse et à la mise en œuvre de systèmes intelligents pour l'amélioration ou le contrôle de la mobilité en milieu urbain ou smartcities.

- Modèles de revenu, modes de commercialisation, circuits de distribution :

Afin d'intégrer à grande échelle sa solution dans la chaîne complète de l'hydrogène, HySiLabs propose aux différents acteurs industriels de l'énergie un transfert technologique de sa propriété intellectuelle (ou licence) et du savoir-faire associé, ainsi que du pilot à échelle industrielle. Par les biais de modèle de licence, HySiLabs recevra aussi des royalties sur chaque reproduction du modèle industriel.

- Chiffres d'affaires et résultats nets du porteur et des entités impliquées dans le projet

Montants exprimés en (€)	Prévisionnel clôture à venir (2020)	Dernier exercice clôturé N (2019)	Exercice clôturé N-1 (2018)	Exercice clôturé N-2
HySiLabs				
Chiffre d'affaires	230000	60350	39630	-
Résultat net	806500*	-311489	-66066	-

*En 2020, [HySiLabs a reçu des financements de la Commission Européenne dans le cadre du Green Deal Horizon 2020](#). Une partie de ce financement, correspondant au prévisionnel du résultat net de la clôture 2020, a été versée en Octobre 2020, au début du projet.

Présentation du projet

(10 pages maximum)

I. Objectifs du projet

I.1. Place du projet en cohérence avec l'ambition des JOP solidaires et bas carbone

L'hydrogène, molécule la plus présente dans l'univers, ne rejette que de l'eau lorsqu'il est utilisé comme carburant. De quoi éviter les émissions de CO₂ de l'ensemble de la filière transport, des voitures aux navires, en passant par les camions ou les autobus. Mais, jusqu'à présent, son transport et son stockage restent un problème. Des infrastructures coûteuses et des camions spéciaux sont nécessaires pour convoyer, à très forte pression ou à très basse température, cette molécule inflammable.

Ce projet propose une application concrète sur l'axe fluvial entre le Havre – Rouen – Paris (Gennevilliers) avec :

- Une innovation de l'entreprise française HySiLabs apportant une solution de transport et de conservation d'hydrogène (H₂) sous une forme liquide (HydroSil) à température et pression ambiantes. L'HydroSil est stable, non toxique, non explosif et non dangereux.

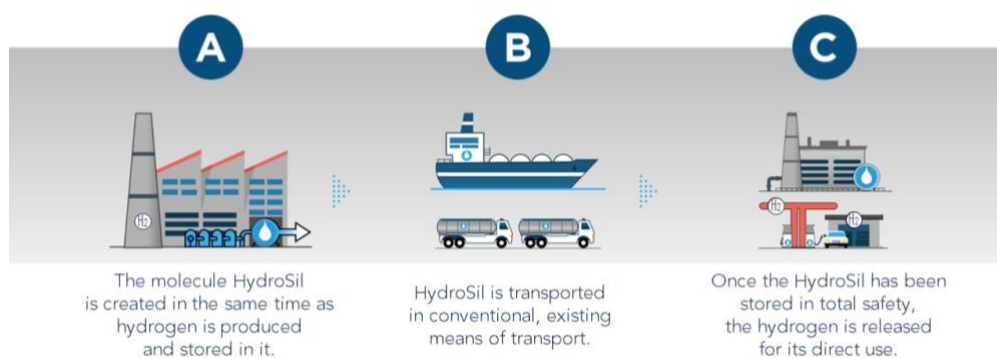
HydroSil est un hydrure de silicium à base du matériau le plus abondant sur Terre : le dioxyde de silicium, qui n'est pas soumis à la fatigue cyclique et peut être réutilisé autant de fois que souhaité. HydroSil contient la meilleure capacité (8,7% en poids) lorsqu'il est appliqué au transport de H₂ et permet de transporter 7 fois plus de H₂ par camion qu'avec du gaz H₂ haute pression, réduisant drastiquement les coûts d'exploitation et les émissions associées. Il libère 100% d'hydrogène en moins de 15 secondes sur le site de consommation facilement, à la demande et sans apport d'énergie externe. Il est également flexible et peut être arrêté immédiatement. HydroSil peut libérer du H₂ à 50 bars et plus.

- Lever le frein du développement de la filière hydrogène vert par une solution innovante de transport et de stockage.

L'utilisation de l'hydrogène comme vecteur de la transition énergétique est un enjeu majeur pour les années à venir. Dès à présent, les applications se développent notamment pour le transport urbain avec des [taxis parisiens](#) ou des [bus](#) de transport public fonctionnant à base d'hydrogène. Cependant, il faut aussi prioritairement privilégier les transports lourds, comme les camions, les bus, les trains, les bateaux. Et, en parallèle, développer les usages industriels pour décarboner l'industrie - par exemple, l'hydrogène pourra un jour remplacer le charbon dans les aciéries - ce qui se fera sur une bonne dizaine d'années.

En matière de production industrielle d'hydrogène, plusieurs sites en Europe sont à l'étude incluant la France, pour développer des électrolyseurs de taille industrielle. L'objectif de neutralité carbone doit aussi conduire à produire l'hydrogène à partir d'énergies propres et renouvelables de types éolien, hydrique ou solaire puis, de stocker ce gaz en divers lieux et sous diverses formes surtout afin de lutter contre l'intermittence des EnR. L'hydrogène produit doit être transporté et stocké et cette contrainte a été le principal frein au développement de cette énergie décarbonée.

A ce titre, l'entreprise française HySiLabs, a inventé un procédé permettant de résoudre le problème du transport et de stockage de l'hydrogène en permettant de convoyer cette molécule sous forme liquide d'un hydrure de silicium (HydroSil) à pression atmosphérique, température ambiante et en utilisant des infrastructures déjà existantes (notamment celles utilisées pour le transport et le stockage de gasoil).



- *Le projet proposé est relatif à mise en œuvre de la chaîne logistique d'acheminement fluvial de l'HydroSil, à partir de sites de productions et vers des sites de distribution localisés sur l'axe fluvial Seine avec les ports du Havre, Rouen et Paris.*

Selon [HAROPA](#), le gestionnaire des ports de Paris, Rouen, Le Havre), le transport fluvial est peu polluant et consommant 5 fois moins de carburant que le transport routier en émettant 2,5 fois moins de CO₂ à tonne transportée. De plus, il présente de sérieux atouts en matière de sécurité pour le transport de marchandises.

- *En anticipant la conversion des péniches à l'électrique généré par l'hydrogène transporté, le transport fluvial est une option très intéressante pour le convoyage de l'HydroSil entre le site de production (Le Havre, Rouen) et les points de ravitaillement des ports de Paris (ex. Port de Gennevilliers).*
- *L'HydroSil utilisable pour la propulsion de péniches (soutage) fait aussi partie des perspectives à approfondir, à l'image du projet [H2SHIPS \(Interreg\) de la communauté européenne et du démonstrateur de transport fluvial à hydrogène prévu sur la Seine à Paris en 2022](#).*

I.2. Pertinence avec les enjeux des thématiques choisies

Le projet concerne précisément la thématique 4 – « Transport de marchandises »

Il permet néanmoins d'apporter une contribution à d'autres thématiques souhaitées par JOP 2024 :

- *A la **thématique 5** (Mobilités actives et nouvelles mobilités) en apportant une nouvelle solution de distribution de carburant hydrogène aux véhicules décarbonés recherchés par l'organisation JOP 2024.*
- *A la **thématique 7** (Prospective des mobilités en France en 2050) avec une contribution à la transformation du secteur des transports par la mise en œuvre d'une solution de facilitation de la distribution du carburant hydrogène.*

Les points pertinents du projet aux enjeux de la thématique 4 sont :

- *De proposer un mode de transport sécurisé d'hydrogène vers les points de ravitaillement à l'échelle inter régionale par voie fluviale.*
- *De faciliter le transport, le stockage et la distribution de l'hydrogène destiné aux stations de recharge des véhicules à hydrogène pour les transports à neutralité carbone utilisés lors des JOP (taxis, bus, navettes, etc.).*

Pour que l'hydrogène puisse réellement devenir le vecteur énergétique, un vaste réseau de distribution devra se mettre en place afin de répondre notamment aux besoins du transport et de l'industrie. Il devra être disponible

à tout moment, en tout point du territoire. Mettre au point des modes de transport, de stockage et de distribution compatibles avec les faibles usages représente donc un enjeu crucial.

I.3. Objectifs techniques, économiques, sociétaux et environnementaux du projet

Dans son article du 21/01/2021, le journal Les Échos nous rappelle que « Bruno Le Maire et Bercy veulent décarboner l'industrie et [créer une filière française de production d'hydrogène par électrolyse](#) avec les grands industriels français (Air Liquide, Total, Engie, EDF, Vinci, Airbus, etc.) et les initiatives régionales.

La région du Havre (Port-Jérôme) dispose déjà de sites industriels de production d'hydrogène. De plus, le projet en cours pour la construction de l'usine de [H2V Industry](#) prévoit une capacité de 30.000 tonnes par an et une puissance de 200 MW, ce qui est reporté par « [Les Échos](#) » comme « e plus gros projet au monde de production d'hydrogène par électrolyse ».

→ *Il apparaît que le projet de transport du substrat liquide d'hydrure de silicium (HydroSil) par voie fluviale, à partir du Havre (Port Jérôme) jusqu'aux environs de Paris (Port de Gennevilliers) trouve sa place dans cette stratégie gouvernementale.*

Les objectifs techniques, économiques, sociétaux et environnementaux de ce projet sont de pouvoir étudier, valoriser et qualifier cette chaîne logistique fluviale du transport de l'HydroSil avec son organisation et ses infrastructures pour :

- *Une solution efficace et durable de logistique sécurisée de distribution de l'énergie (HydroSil).*
- *Une analyse rationnelle de l'économie financière et sociétale,*
- *La contribution à la réduction de l'empreinte carbone de l'écosystème actuel et futur du transport d'hydrogène.*

II. Description générale du projet

II.1. Degré de rupture en termes d'innovation technologique ou non technologique et caractère innovant par rapport à l'état de l'art international

Dans un article paru au journal Les Échos Planète du 13/01/2021, le caractère novateur est précisé :

En développant la trouvaille des chercheurs de l'université Aix- Marseille, HySiLabs a créé un vecteur qui permet de transporter l'hydrogène à l'état liquide, et non plus gazeux. « Concrètement, explique Pierre-Emmanuel Casanova, nous greffons des molécules d'hydrogène sur des molécules de silicium, une des plus présentes dans la croûte terrestre. Ensuite, nous transportons cet hydrure de silicium sous forme liquide. Une fois qu'il est arrivé à destination, nous avons mis au point une réaction chimique qui permet de libérer instantanément l'hydrogène du silicium, grâce à de l'eau et à un catalyseur fait de matériaux non rares et non dangereux. » Cette solution, protégée par une dizaine de brevets, **ne présente aucun risque d'explosion**. Elle se démarque aussi de la technologie la plus similaire sur le marché employant les vecteurs d'hydrogène liquides organiques (LOHC) utilisée par l'allemand Hydrogenious et le japonais Chiyoda.

→ ***Des capacités de transport multipliées par sept***

Le liquide « HydroSil » mis au point par HySiLabs permet de **transporter sept fois plus d'hydrogène** que sous sa forme gazeuse (à 200 bars de compression). En outre, il peut être stocké dans n'importe quel camion-citerne classique, voire acheminé par pipeline.

Préparé par HySiLabs accompagné par Meije Development & Logma

« Nous avons rendu l'hydrogène aussi facile à transporter que de l'essence, sauf qu'il est encore moins dangereux pour l'homme et pour l'environnement », se félicite Pierre-Emmanuel Casanova. La stabilité de l'hydrure de silicium permet de **stocker la molécule pour de longues durées (ex. 2 à 3 ans)**, contre quelques jours actuellement sous sa forme gazeuse ou liquide.

Le système d'HySiLabs peut se brancher sur tous les types de site de production d'hydrogène pour fixer la molécule sur le vecteur. Une fois transporté sur le site, par exemple une station-service, la molécule libérée grâce à la méthode catalytique peut être utilisée pour n'importe quel usage. « Si le client doit investir pour installer le système sur le site de production, il économise en revanche beaucoup sur le transport. En outre, pouvoir transporter la molécule à grande échelle permet d'éviter d'investir dans des infrastructures coûteuses, comme des électrolyseurs, pour produire l'hydrogène sur place. » Pour cette raison, HySiLabs a attiré l'attention de grands groupes pétroliers français et européens, désireux de pouvoir déployer l'hydrogène à moindres frais dans les infrastructures déjà existantes. Shell France a accompagné notamment la start-up en 2018 et 2019.

II.2. Verrous à lever (techniques, organisationnels...)

A ce stade et pour le projet, il n'apparaît pas d'évidents ou réels verrous techniques ou organisationnels. Il est plutôt question de résoudre des points d'assemblage et des processus pour démontrer l'efficacité d'un transport fluvial sécurisé de l'HydroSil. Parmi les points essentiels à organiser figurent :

- Valider les enjeux et faisabilité du projet avec France Mobilités, Voies navigables de France (VNF) et l'alliance des ports du Havre, Rouen et Paris (HAROPA) et la Direction générale des infrastructures, des transports et de la mer (DGITM), dans le cadre de sa mission de développement durable et de transition énergétique favorisant le soutien d'expérimentation et de déploiement de projets concrets répondant aux besoins de mobilité français.
- Identifier les contraintes de transport et de stockage imposées par le cadre réglementaire du transport des marchandises dangereuses et de la DRIEA pour ce projet.
- Profiter ou faciliter l'établissement d'un accord avec un industriel producteur d'hydrogène proche de l'embarcadère de Port-Jérôme et acceptant d'intégrer une infrastructure de transformation en HydroSil selon le procédé technologique d'HySiLabs.
- Transporter et stocker l'HydroSil en utilisant les mêmes conditionnements que le gazole.
- Établir un accord de transport par voie fluviale avec un ou plusieurs opérateurs pour acheminer l'HydroSil à au port de Gennevilliers et rapporter vers le Havre, le matériau (silice) issu du relarguage d'hydrogène ayant déjà servi.
- Anticiper si possible les interfaces avec des organisations de distribution du carburant au port de Paris.

II.3. Développement de nouveaux produits ou services, à fort contenu innovant et valeur ajoutée

Mise en œuvre d'une chaîne logistique fluviale pour le transport inter régions de l'hydrogène pouvant conduire au développement :

- *Des technologies d'électrolyseurs et de production d'hydrogène (McPhy, ArevaH2Gen, Total, Engie, Air liquide, H2V, etc.)*
- *Des piles à combustible (Helion, Symbio, etc.)*
- *De transformation des navires fluviaux vers un mode de propulsion électriques à pile à combustibles*
- *Des véhicules électriques à pile à combustibles (Hopium, Bus, aéronautique, etc.)*
- *Des technologies et services de stockage et de transport d'hydrure de silicium*

Valeur ajoutée : réduction de l'empreinte carbone et de l'utilisation d'énergies carbonées. Développement des nouvelles technologies des mobilités et transports.

II.4. Niveau de maturité technologique en début et en fin de projet

Actuellement HySiLabs ne peut pas encore communiquer sur des projets en cours pour raisons de confidentialité et de secret industriel.

Niveaux de maturité de la technologie : (TRL : [Technology Readiness Level](#))

- ➔ *Technologie de procédé de charge : selon l'échelle TRL de la Commission Européenne, cette technologie atteint une TRL 4 de façon globale. Sachant que les différents procédés impliqués dans la technologie sont connus et déjà déployés auparavant à échelle TRL9, ce TRL risque d'évoluer très rapidement.*
- ➔ *Technologie de procédé de décharge : étant le procédé bien plus simple que le procédé de charge, la technologie de décharge d'hydrogène est aujourd'hui à TRL 7-8 selon l'échelle de la Commission Européenne.*

II.5. Localisation des activités du projet, sites d'expérimentation

Pour le périmètre allant de la production d'HydroSil à sa mise à disposition au port de Paris Gennevilliers en prenant en considération le retour par voie fluviale de la silice servant à reproduire de l'HydroSil chez le producteur au Havre :

Site <i>(Adaptable selon scénario retenu après l'étude)</i>	Activité	Entité / Critères
Aix	Propriétaire technologies LHC (HydroSil)	Hysilabs
Paris	Études projet	Meije Development, Logma, Sociétés d'ingénierie et de logistique (en tant que de besoins)
A définir (proximité Port-Jérôme)	Production d'Hydrogène	Exemple (H2V, Air Liquide, etc.)
A définir (proximité Port-Jérôme)	Transformation en HydroSil	Exemple (H2V, Air Liquide, etc.)
A définir (Port-Jérôme)	Transport et stockage HydroSil	A définir avec le conseil d'HAROPA
A définir (Port-Jérôme)	Stockage de silice	A définir avec le conseil d'HAROPA
A définir (Convoyeur fluvial)	Transport fluvial	Opérateurs à définir avec HAROPA
A définir (Port de Paris Gennevilliers)	Stockage HydroSil	A définir avec HAROPA
A définir (Port de Paris Gennevilliers)	Stockage de silice	A définir avec HAROPA
A définir (Port de Paris Gennevilliers)	Interface avec la distribution locale d'HydroSil et collecte de silice usagée.	A définir en fonction des possibilités.

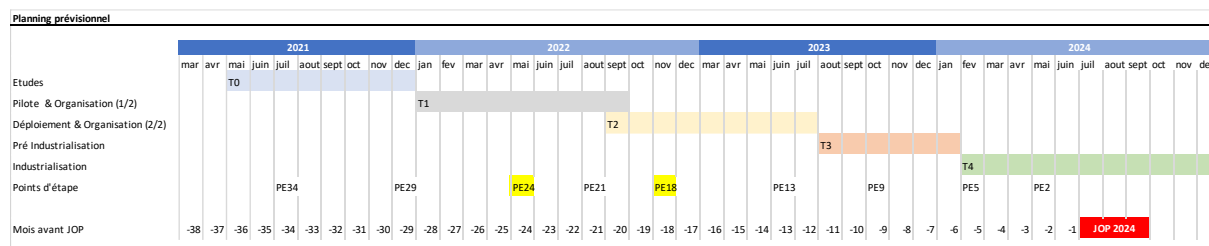
La distribution locale en région parisienne ne fait pas partie du projet et pourra par exemple être intégrée aux réseaux de distribution actuels (ou à venir) alimentant les station services à hydrogène de Paris.

A ce jour, il est prévu que l'HydroSil soit livré au port de Paris aux distributeurs de station services et que ceux-ci collectent et retournent la silice usagée dans ce même port afin d'être ensuite acheminée vers le Havre et réutilisée en tant que vecteur de transport de nouveaux approvisionnements en HydroSil.

III. Plan de travail

III.1. Date de démarrage du projet (T0), planning de réalisation, jalons décisionnels (en cohérence avec les jalons des JOP)

Lot de travail	Taches / Phases	Période de réalisation
T0	Étude pour le <i>transport d'HydroSil par voie fluviale</i>	Mai à Décembre 2021
T1	Pilote & organisation (1/2)	Janvier à Septembre 2022
T2	Déploiement & organisation (2/2)	Septembre 2022 à Juillet 2023
T3	Pré industrialisation	Août 2023 à Janvier 2024
T4	Industrialisation	Février 2024
PExx	Point Étape xx mois avant les JOP2024	9 PE sur 4 années



III.2. Présentation des principales tâches à mener, le contenu et les résultats attendus

III.2.a. Études

Domaine	Tâches à mener	Résultats attendus
Étude pour le transport d'HydroSil par voie fluviale	<p>Étude de faisabilité.</p> <p>Relations avec les différents acteurs :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Industriels producteurs d'hydrogène. - HySiLabs (technologies LHC) - Haropa (Autorités portuaires) - Opérateurs transport fluvial - Distributeurs et logistique locale - Réglementation - Politique locale et environnementale <p>Flux et dimensionnement.</p> <p>Aménagements et infrastructures à prévoir.</p> <p>Moyens de transport fluvial.</p> <p>Charges d'investissement et d'exploitation.</p> <p>Efficacité économique, sociale et environnementale.</p>	<p>Rapport d'étude de faisabilité :</p> <p>1 - Organisation générale (acteurs, sites, moyens, processus, scenario/options possibles)</p> <p>a) Région du Havre (Port-Jérôme)</p> <ul style="list-style-type: none"> - Production d'hydrogène avec possibilité de transformation locale en HydroSil et transfert de l'HydroSil vers la zone portuaire. - Stockage et transbordement de l'HydroSil sur barge - Opérateur de transport fluvial. - Déchargement, stockage et livraison de la silice retournée. <p>b) Région parisienne (Gennevilliers)</p> <ul style="list-style-type: none"> - Déchargement et stockage de l'HydroSil. - Accès et chargement des transporteurs distributeurs d'HydroSil. - Déchargement et stockage de la silice usagée collectée. - Transbordement de la silice sur barge. <p>c) Autres points de collectes ou livraisons (ex. Rouen, etc.)</p> <ul style="list-style-type: none"> - Transbordement stockage de l'HydroSil. <p>2 – Aspects réglementaires et sécuritaires</p> <p>3 – Modèle et efficacité économique</p> <p>4 – Empreinte environnementale</p>
Décision	Décision	Décision de passage à l'étape suivante (Pilote)

III.2.b. Pilote et organisation (1/2)

Domaine	Tâches à mener	Résultats attendus
Pilote et Organisation (1/2)	<p>A partir d'échantillons, de modélisations, de miniaturisations ou de moyens réels exploitables pour les essais :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Mise en place d'une chaîne logistique représentative du service. <p>Démonstrations et collecte d'opinions de prospects (producteurs, distributeurs, consommateurs)</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Identification des contraintes et des axes d'améliorations - Dimensionnement de l'organisation humaine et matérielle nécessaire. - Identification des besoins de sous-traitance et des besoins contractuels. - Définition préliminaire de l'organisation et des besoins liés à la sécurité. - Intentions de commandes clients
Décision	Décision	Décision de passage à l'étape suivante (Déploiement)
Consultation	Rédaction d'un cahier des charges pour consultation de sous-traitants	Sélection de sous-traitants
Contractualisation		Contractualisation

III.2.c. Déploiement et organisation (2/2)

Domaine	Tâches à mener	Résultats attendus
Déploiement et Organisation (2/2)	<p>Déploiement :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Des moyens de production d'HydroSil. - des moyens et de l'organisation pour la livraison, le stockage et les transbordements de l'HydroSil et de la silice. - Des méthodes de chargement d'HydroSil par les distributeurs à Gennevilliers. - Des méthodes de livraison de silice par les distributeurs à Gennevilliers. - Des moyens de gestions de flux et des stocks. - Des moyens d'administration et de gestion des ressources (achats, vente, sous-traitants, moyens généraux, assurances, etc. - Des système et moyens de sécurité - Des moyens de maintenance 	Chaine logistique fluviale prête pour exploitation.

III.2.d. Pré industrialisation

Domaine	Tâches à mener	Résultats attendus
Pré industrialisation	<p>Mesure de la performance et de l'adéquation aux besoins actuels et futurs.</p> <p>Contrôle des points de performance en conditions opérationnelle.</p> <p>Vérifications d'aptitude (VA)</p> <p>Vérifications en service régulier (VSR)</p>	<p>Amélioration des processus, des performances et la qualité de service.</p> <p>Établissement des procédures d'exploitation et maintenance.</p> <p>Organisation commerciale.</p> <p>Validation pour phase pré industrielle.</p>

III.2.e. Industrialisation

Domaine	Tâches à mener	Résultats attendus
Industrialisation	Mise en œuvre	Phase opérationnelle.

III.3. Collaborations, sous-traitances et prestations externes envisagées ainsi que l'objet des dépenses d'investissement ou autres achats nécessaires

Éléments connus à l'issue de l'étude de faisabilité qui sera réalisée avec la collaboration de Logma et Meije Development.

IV. Budget prévisionnel et plan de financement

IV.1. Budget prévisionnel

Index	Taches / Phases	Période de réalisation (prévisionnel)	Budget estimé
T0	Étude pour le <i>transport d'HydroSil par voie fluviale</i>	Mai à Décembre 2021	Fonction de l'étude, des infrastructures existantes et des spécificités logistiques.
T1	Pilote & organisation (1/2)	Janvier à Septembre 2022	
T2	Déploiement & organisation (2/2)	Septembre 2022 à Juillet 2023	
T3	Pré industrialisation	Août 2023 à Janvier 2024	
T4	Industrialisation	Février 2024	
PExx	Point Étape xx mois avant les JOP2024	9 PE sur 4 années	

IV.2. Plan de financement

Le budget pour l'Étude pour le transport d'HydroSil par voie fluviale est sollicité dès l'acceptation de notre dossier dans le cadre de cet appel à innovation.

La suite du financement sera fonction des enseignements de l'étude et de la mobilisation des parties prenantes intéressées par le projet.

V. Impact environnemental

V.1. Impact sur la consommation énergétique

Le bilan énergétique du projet n'est pas connu à ce stade cependant la spécificité du projet lié au transport de l'HydroSil par voie fluviale entre le Havre et Paris permet déjà d'envisager des économies d'énergie :

- ➔ Le liquide « HydroSil » permet de transporter sept fois plus d'hydrogène que sous sa forme gazeuse (à 200 bars de compression) -> **économie de transports.**
- ➔ Le liquide « HydroSil » peut être stocké dans n'importe quel camion-citerne classique -> **économie de technologie de transport** (pas de haute pression, ni de froid extrême nécessaire pour le transport).
- ➔ Le transport fluvial est peu polluant et consommant **5 fois moins de carburant que le transport routier.**

V.2. Impact sur les émissions de gaz à effet de serre

La solution HySiLabs est totalement décarbonée, elle permettra une réduction de CO2 de 28,4 Mtonnes d'ici 2030 sur le segment de la mobilité (à l'échelle des ventes d'HydroSil dans le monde) grâce au remplacement des voitures à moteur thermique par des voitures électriques hydrogène.

V.3. Impact sur la qualité de l'air

L'HydroSil est stable et non toxique, il ne dégage aucun polluant dans l'atmosphère.

V.4. Limitation des impacts sur la biodiversité

Non applicable.

V.5. Optimisation de l'utilisation de ressources naturelles (recyclage, réemploi, etc.)

Au-delà de la consommation d'eau nécessaire à la production de l'hydrogène, les seules ressources utilisées seront un catalyseur et du sable (silice) trouvable facilement dans le commerce. Le sable est nécessaire uniquement lors de la production d'HydroSil chargé durant le premier cycle. A l'issue de ce premier cycle, il ne sera plus nécessaire de reproduire de l'HydroSil à partir de sable mais il sera directement rechargé en hydrogène pour effectuer un second cycle et ainsi de suite. Ce processus industriel devra être alimenté par des énergies renouvelables et saura s'adapter aux intermittences.

VI. Retombées socio-économiques

VI.1. Externalités socio-économiques du projet

Selon Voies Navigables de France, la Seine pourrait très bien supporter un trafic de marchandises quatre fois supérieur à l'activité de 2019. Selon une [source gouvernementale](#) : En 2018, le transport intérieur terrestre de marchandises est largement dominé par le transport routier qui représente désormais 89,1 % du transport terrestre hors oléoducs, celle du transport ferroviaire 9,0 % et celle du transport fluvial 1,9 %.

Ce projet et ses opportunités potentielles doivent aussi être évaluées en considérant cette activité comme étant généralisable aux cinq bassins fluviaux (Seine, Rhin, Nord, Moselle et Rhône-Saône) qui représentent 8 500 km de voies d'eau navigables, soit le premier en Europe par sa longueur.

Le récent rapport de l'Institut Montaigne de janvier 2021 « [Compétitivité de la vallée de la Seine : comment redresser la barre ?](#) » souligne quelques points pertinents concernant l'axe portuaire de la Seine :

- *Un axe Seine unique émergera en 2021 avec la fusion de ports complémentaires qui permettra de renforcer leur compétitivité, HAROPA devenant ainsi le premier port de commerce de France, avec près de 120 millions de tonnes de trafics maritimes et fluviaux par an et plus de 130 000 emplois directs et indirects.*
- *Des investissements massifs ont été réalisés ou votés ces dernières années (accès fluvial direct à Port 2000 au Havre, rénovation des écluses, usine éolienne...) et devraient porter leurs fruits à court et moyen termes. Enfin, les ports font partie intégrante de la stratégie de réindustrialisation nationale, le gouvernement octroyant aux activités industrialo-portuaires une enveloppe de 200M€ dans le cadre du plan de relance, à destination principalement des projets de croissance verte.*

Externalités attendues au niveau de la société civile :

Impacts économiques :

- *Le transport fluvial est peu polluant et consommant 5 fois moins de carburant que le transport routier en émettant 2,5 fois moins de CO2 à tonne transportée. De plus, il présente de sérieux atouts en matière de sécurité pour le transport de marchandises.*
- *Réduction des coûts de transport de distribution locale routière d'un facteur 10 comparé au gaz haute pression, grâce à l'utilisation de camions de transport conventionnels (identiques à ceux du transport d'essence)*
- *Réduction des coûts liés à la sécurité : non toxique, non explosif.*

Impacts sociétaux :

- *Favoriser l'acceptation de l'hydrogène en augmentant la sécurité de la logistique de l'hydrogène comparée à la haute pression.*
- *Contribution au développement de stations hydrogène pour une réduction des émissions polluantes.*
- *Création d'une nouvelle chaîne de valeur de l'hydrogène (mobilité, emplois, automobiles, distribution d'énergie, utilisateurs, etc.)*
- *La solution ne génère pas d'émissions notamment odorante (ce qui n'est pas le cas de l'ammoniac) et ne fait pas de bruit. Elle peut donc être placée à côté des habitations et utilisée en atmosphère confinée.*
- *Réduction de la dépendance énergétique à l'égard des combustibles fossiles*

VI.2. Impacts sur la mobilité des biens et des personnes

La démarche de ce projet s'inscrit dans une démarche environnementale et sociétale avec le développement d'une filière de distribution d'énergie décarbonée qui contribuera au bien-être de la société. L'HydroSil étant un produit stable pouvant être transporté et stocké à température et pression ambiante, il peut être transporté facilement et de préférences par des moyens optimisés en matière d'émissions de CO2 et de décongestion routière. Le transport fluvial dispose d'avantages certains pour ce contexte spécifique du transport d'HydroSil.

La livraison d'hydrogène pour les applications de la mobilité reste émergente mais pourrait représenter 13 Mds€ en 2030 en Europe, et par extension, 28 Mds€ dans le monde, à un coût de livraison de 5 €/Kg¹. Ce marché est amené à croître de 10% par an environ jusqu'en 2030.

Impacts environnementaux liés à la spécificité de l'HydroSil

L'utilisation de l'HydroSil permet en particulier, une **réduction des émissions de CO2** avec :

- *Une réduction directe (selon un procédé carbone free) car charge et décharge de l'hydrogène sont totalement décarbonés (ce qui n'est pas le cas avec les LOHC - Liquid Organic Hydrogen Carrier – liquides dégageant du carbone à la charge d'hydrogène et nécessitant beaucoup d'énergie à la décharge pour la purification)*
- *Une réduction indirecte (liée volume nécessaire ou au froid à maintenir pour le transport d'hydrogène).*
- *Réduction des émissions de CO2 dans le secteur de la mobilité et de l'industrie grâce à l'utilisation d'un porteur d'hydrogène vert (électricité de production d'origine renouvelable).*
- *Mobilité : les voitures à moteur thermique pourront être remplacées par des voitures électriques hydrogène (Fuel Cell Electric Vehicle) à moyen terme. La solution d'HySiLabs permettra ainsi de réduire de 28,4 Mega tonnes en 2030 les émissions de CO2 sur ce segment de la mobilité (à l'échelle des ventes d'HydroSil dans le monde).*
- *6,8 Mt d'hydrogène marchand sont produits chaque année². Un camion à haute pression transporte 350 kg d'hydrogène et chaque camion émet en moyenne 618 g de CO2/km. En considérant qu'un camion parcourt 200 000 km/an et que l'ensemble de la flotte de camions à haute pression est d'environ 230 000 pour transporter l'hydrogène marchand alors la quantité de CO2 produite est de 28 Mt/an d'émissions de CO2.*
- *Réduction d'un facteur 7 des émissions liées à l'alimentation en hydrogène : HydroSil est 7 fois plus dense que la haute pression à 200 bars, solution de transport la plus utilisée en France actuellement, donc 7 fois moins de camions sur les routes diminuant ainsi les coûts de transport, les désagréments liés au trafic ainsi que la pollution qui en découle*
- *Réduction puis élimination de la dépendance à l'égard des combustibles à base de carbone*

Fin de document

¹ Amsterdam Roundtable Foundation and McKinsey & Company The Netherlands (2014) : *Evolution, Electric vehicles in Europe: gearing up for a new phase?*, Amsterdam Roundtable Foundation

² Merchant Hydrogen: Industrial Gas and Energy Markets (Runte, 2015)