

Février 2024

Régions Île-de-France, Normandie et DIDVS

Etude interrégionale sur le développement de
l'hydrogène en Vallée de Seine

Etat des lieux



Délégation interministérielle
au développement
de la vallée de la Seine



Table des matières

Table des matières	1
Introduction	3
1. Objectifs du document.....	3
2. Périmètre.....	3
3. Méthodologie.....	3
3.1 Études précédentes	3
3.2 Ressources régionales.....	4
3.3 Ateliers.....	4
3.4 Entretiens d'approfondissement.....	4
3.5 Synergies avec les actions menées dans les territoires limitrophes de la Vallée de Seine...	6
4. Limites	6
5. Confidentialité.....	6
Résumé exécutif.....	7
Contexte et enjeux	9
1. Le CPIER doit permettre à la Vallée de Seine de rayonner à l'échelle européenne à travers un projet de développement à l'horizon 2030	9
2. L'hydrogène renouvelable et bas carbone constitue un moyen pour répondre aux défis des deux régions, à la fois concernant les transitions énergétiques et le développement économique.	9
2.1 La Vallée de Seine, un territoire d'industries et de mobilités.....	9
2.2 L'hydrogène renouvelable et bas carbone, un enjeu économique, climatique et social.....	10
2.3 La stratégie nationale révisée a pour ambition d'accélérer le déploiement de l'hydrogène bas-carbone.....	11
3. L'État et les Régions, des acteurs en soutien de la filière.....	11
Production.....	12
3.1 Les principaux projets de production normands	14
3.2 Les principaux projets de production franciliens	17
3.3 Les projets de production doivent se développer dans un environnement contraint en termes de ressources foncières et électriques.....	18
Transport d'hydrogène	22
Stockage.....	25
Distribution.....	26
3.4 Réseau de stations en Normandie	28
3.5 Réseau de stations en Île-de-France	29



Usages.....	30
4. Mobilités routières	30
4.1 Normandie	31
4.2 Île-de-France	31
5. Autres mobilités terrestres.....	32
5.1 Les lignes ferroviaires	32
5.2 La manutention portuaire et aéroportuaire	32
6. Mobilités fluviales et maritimes	33
6.1 Fluvial	33
6.2 Projets et perspectives de développement de l'H ₂ dans les ports	34
7. Mobilité aérienne	35
8. Usages industriels	36
8.1 Cartographie des sites industriels émetteurs et des projets de conversion à l'H ₂	36
8.2 Ammoniac.....	36
8.3 Pétrochimie	37
8.4 Fer/acier	38
8.5 Industrie diffuse	38
9. Analyse écosystémique	39
9.1 Basse Seine	39
9.2 Zone dense francilienne et aéroports	40
9.3 Seine et Marne (écosystème potentiel).....	42
Synthèse SWOT (Strengths, Weaknesses, Opportunities, Threats) de la Vallée de Seine	43
Annexes.....	44
1. Diagramme SWOT Île-de-France	44
2. Diagramme SWOT Normandie	45
3. Aides régionales en Île-de-France pour l'H ₂	46



Introduction

1. Objectifs du document

L'objectif de ce document est de décrire et analyser la dynamique hydrogène sur la Vallée de Seine, à la fois **au global** et **par région**. Ceci permettra de définir les caractéristiques de l'écosystème Vallée de Seine, et notamment les potentiels freins à lever dans le cadre d'un schéma directeur d'infrastructures à venir.

Concrètement, l'état des lieux doit permettre de :

- Rappeler les principaux atouts du territoire en matière de déploiement de l'hydrogène
- Identifier les projets en cours et d'évaluer leurs perspectives de déploiement
- Identifier les synergies potentielles
- Qualifier et caractériser la Vallée de Seine

L'état des lieux doit alimenter la réflexion des membres du CPIER sur l'élaboration d'un schéma directeur opérationnel d'infrastructure à l'échelle de la Vallée de Seine.

2. Périmètre

L'étude porte sur le périmètre du Contrat de Plan Interrégional Etat-Régions Vallée de la Seine (CPIER) comprenant **l'ensemble des départements des 2 Régions** : Normandie et Île de France.

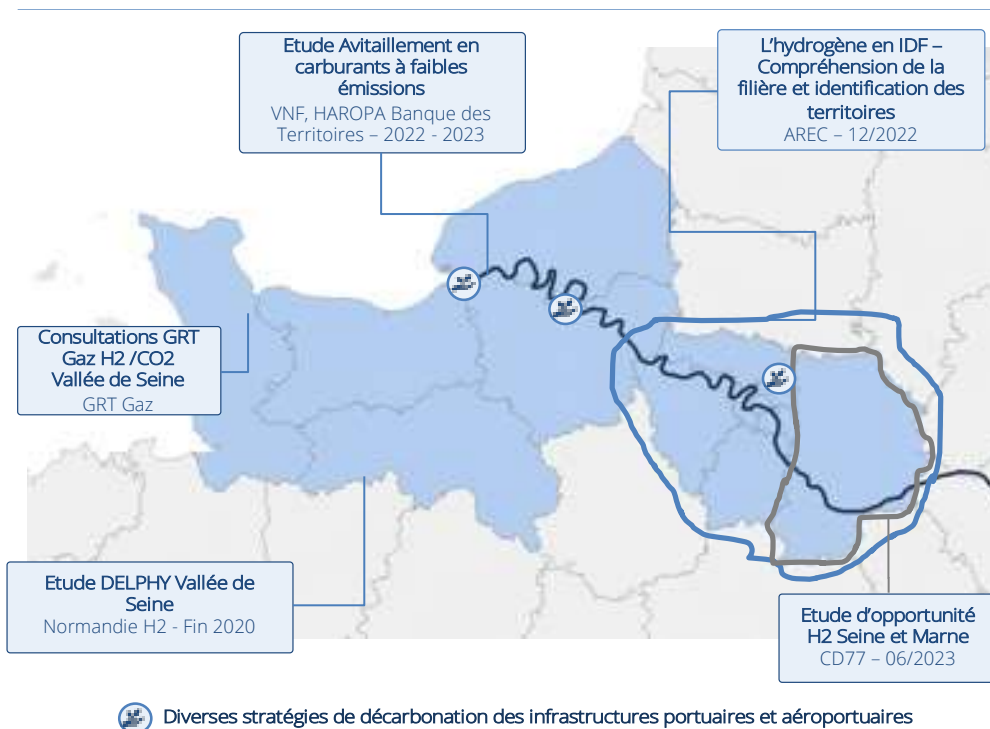
NB: le document, réalisé entre fin 2023 et février 2024 et **n'intègre donc pas** les grands projets annoncés au Havre en novembre 2024

3. Méthodologie

Afin de renseigner cet état des lieux, 5 grandes sources d'informations ont été mobilisées.

3.1 Études précédentes

De nombreuses études ont déjà été menées ou sont en cours concernant le déploiement de l'H₂.



3.2 Ressources régionales

Les Régions Normandie et Île-de-France, appuyée par l'AREC IDF, disposent, à travers leurs politiques de soutien au développement de l'hydrogène sur le territoire (financement d'étude, animation de club hydrogène...), d'une vision des projets sur les territoires.

3.3 Ateliers

2 ateliers ont été menés avec les Régions, l'Etat et agences régionales, l'ADEME et les gestionnaires d'infrastructures énergétiques (RTE, GRT Gaz, Enedis, ...) afin de compléter la cartographie des projets et partager leur vision des synergies entre les 2 grands territoires composants la Vallée de Seine.

3.4 Entretiens d'approfondissement

Une quinzaine d'entretiens avec des porteurs de projets, des industriels, des gestionnaires d'infrastructure de transport et d'énergie et des fédérations d'utilisateurs, a permis d'enrichir l'état des lieux de données sur les projets, les perspectives de développement de l'hydrogène en Vallée de Seine et les éventuels freins rencontrés par les acteurs.

Les acteurs suivants ont été rencontrés :

Organisation	Interlocuteurs
Yara	Guillaume Lenoir – Senior Manager Decarbonation
Verso Energy	Mathieu Pélissier – Chef de projets développement Henri Blary – Chef de projets H ₂ et e-carburants
VNF	Olivier Burel – Chargé de projets innovation Nicolas Guijarro – Chef du pôle innovation
Club DEMETER	Julien Darthout - Délégué Général Club Demeter
Ariane Group	Jean Francois Delange - Directeur du site de Vernon Nadège Vissière - Responsable des programmes H ₂ (valorisation des compétences en H ₂ liquide pour la mobilité lourde)



FNTR	Pauline Martin - Déléguée Régionale IDF centre Samuel Neufville - Délégué Régional Normandie
Lhyfe	Vincent Duverne – Responsable IDF et Normandie
ADP	Blandine Landfried - Directrice climat et transport aéronautique durable
HAROPA	Krishnaraj Danaradjou - Directeur général adjoint au développement Aymeric Vincent - Chargé décarbonation et des démarches industrielles
Air Liquide	Cécilia Fouvry – Directrice affaires publiques et VP H2 Energie
Ports de Normandie	Bertrand Marsset - Directeur adjoint ports de Normandie Jérôme Chauvet - Directeur commercial ports de Normandie
Storengy	Damien Ravaud – Directeur nouveaux gaz France (biométhane et H ₂) Hanitriniony Rabetsimamanga – Chargée stratégie et règlementaire stockage H ₂ souterrain Patrick Egermann – Ingénieur sous-sol et réservoir Catherine Formento – Ingénieure géologue
ENGIE	Pierre Yves Dulac – Directeur délégué régional IDF Emmanuel Schillewaert – Directeur délégué régional Normandie Gilles Haon – Directeur production H ₂ axe Seine Enrico Tommasel – Responsable projet France KerEAUZen
HDF	Leo Bennoteau – Responsable ventes PAC
GRTGaz	Chrystel Machu – Directrice développement Pierre Yves Le Strat – Business Developer Transport H ₂ & CO ₂
TRAPIL	David Le Friant - Directeur technique
Glass Vallée	Vincent Desjonqueres – Représentant Saverglass, Directeur relation extérieure Pierre Sinoquet – Représentant Nipro Group Seine Maritime Somme Oise Thomas Godart – Représentant SGDgroup Francois Boizard - Directeur technique Verescence (Normandie-Somme) Frederic Dupuis - Directeur R&D Saverglass (Normandie, Oise, Pas de Calais) Hervé Schricke - Directeur achat Verescence Ilyass Elghazouani - Directeur packaging et décarbonation Nipro Group
LAT-Nitrogen-ex Boréal	Bertrand Walle – Responsable France Climat et Energie Antoine Hecker – Expert régional optimisation et transition énergétique
SAPN/SANEF	Edouard Fischer - Directeur innovation transformation Pablo Montes – Responsable projets énergétiques
Total Energies	Eric Sammut - Directeur régional TotalEnergies Normandie Olivier Fayet - Direction France, responsable conversion site industriel
TEAL Mobility	Olivier Floury – Business Developer Manager France



3.5 Synergies avec les actions menées dans les territoires limitrophes de la Vallée de Seine

Un document à part présente les principaux projets et initiatives des territoires voisins.

4. Limites

Le secteur de l'H₂ connaît une forte dynamique et rassemble des acteurs aux intérêts parfois divergents. **Aussi la présente étude ne prétend pas à l'exhaustivité sur les projets / réflexions en cours** ou le contenu des projets, ces informations étant souvent confidentielles et parfois très évolutives au sein de chaque projet.

5. Confidentialité

L'ensemble des informations partagées dans le document sont soit publiques soit ont reçu l'accord des personnes interviewées pour être communiquées.



Résumé exécutif

La Vallée de Seine constitue un territoire favorable au déploiement d'un marché de l'hydrogène renouvelable et bas-carbone au regard de son tissu industriel et de la diversité de ses mobilités. Il représente aujourd'hui près de 40% de la consommation nationale d'hydrogène conventionnel, au service des raffineries et producteurs d'ammoniac. D'autres acteurs industriels pourraient recourir à l'hydrogène pour réduire leurs émissions ou produire des carburants de synthèse. La Vallée de Seine comprend également des modes de transports massifs potentiels consommateurs d'hydrogène ou de ses dérivés : transport maritime, à partir du port du Havre notamment, transport fluvial le long de l'axe Seine, transport aérien, en particulier autour des aéroports franciliens et transport routier, avec plus de 130 000 véhicules lourds sur le territoire.

L'hydrogène renouvelable et bas carbone connaît une forte dynamique de développement avec, 141,9 kt de production prévue d'ici à 2030¹ et de premiers déploiements concrets de solutions H₂. La Vallée de Seine comprend 4 grands projets de production tous supérieurs ou égaux à 100 MW d'électrolyse², dont 1 a dépassé le stade de la décision finale d'investissement et plusieurs projets de production décentralisée, dont certains sont déjà opérationnels. Le territoire accueille de premières stations opérationnelles en Normandie et surtout en Île-de-France, ainsi que de premiers usages mobilités : plus de 800 taxis hydrogène circulent déjà dans la partie francilienne du territoire et de premiers bus sont déjà déployés.

Les premiers projets de production d'hydrogène renouvelable et bas carbone portent principalement sur de nouveaux usages de l'hydrogène et se substituent pour une partie seulement aux consommations d'H₂ fossile. En effet, près de 45% des capacités de production en projet seraient dédiées à la production d'e-carburants d'aviation durable, 40% à l'industrie et le solde pour la mobilité terrestre. Les projets en cours n'ont vocation à décarboner que marginalement³ les consommations d'hydrogène fossile actuelles. Les producteurs de produits pétroliers et d'ammoniac priorisent en effet, à date, les projets de captation et de séquestration du carbone et des mesures d'efficacité énergétique pour réduire leurs émissions à horizon 2030. Ces solutions semblent les plus intéressantes économiquement à court terme, dans un contexte où les coûts de l'hydrogène renouvelable et bas carbone sont encore élevés, où la capacité à produire en masse doit encore être éprouvée et où la substitution totale de l'hydrogène fossile par l'équivalent renouvelable et bas carbone implique des investissements coûteux de réaménagement des sites⁴. Ces technologies devraient permettre de passer d'un hydrogène « gris » à « bleu » au tournant de la prochaine décennie. Cette tendance n'exclut toutefois pas de futurs investissements dans l'H₂ renouvelable et bas carbone en substitution de l'hydrogène « gris » / « bleu ». L'appel d'offre de TotalEnergies devrait par exemple permettre d'aller plus loin dans l'alimentation en H₂ renouvelable et bas carbone de la raffinerie de Normandie. Les projets en cours permettraient toutefois de réduire l'empreinte carbone du secteur particulièrement émissif du transport et en particulier de l'aérien⁵.

¹ 161,9 kt/an en incluant la production d'H₂ pour la Bioraffinerie de Grandpuits

² Normandie 200MW, Green Horizon Lhyfe 100MW, France KerEAUZen Engie 250MW et Grand Quevilly Verso Energy 350MW

³ Au mieux 12% selon une hypothèse haute : (part de la production de Normandie consacrée à l'industrie et la pétrochimie + part Verso Grand Quevilly consacrée à l'ammoniac – non confirmé par LAT – et les autres industries + part de Lhyfe Green Horizon consacrée à l'ammoniac) / consommation H₂ en Vallée de Seine actuelle*100

⁴ Les producteurs d'ammoniac, peuvent utiliser jusqu'à 12-15% d'hydrogène électrolytique dans leurs procédés : au-delà des aménagements substantiels et coûteux des sites sont à prévoir

⁵ Le secteur du transport représente 32% des émissions de GES de la France en 2022, l'industrie 18% – source : CITEPA



La Vallée de Seine constitue également un territoire d'innovation, d'expérimentation et de développement des futures solutions hydrogène. De nombreux acteurs de la filière hydrogène sont présents sur le territoire et des infrastructures existent pour tester des solutions H₂, comme le site d'Ariane Group à Vernon. Plusieurs prototypes sont également en cours de déploiement : Bus à Rouen, autocar rétrofité NOMAD Car sur la ligne Rouen-Evreux, barge ZULU06 pour la navigation fluviale hydrogène à partir de Gennevilliers, barge Elementa de rechargement à quai à Rouen. Des réflexions sont en cours chez les grands gestionnaires d'infrastructures portuaires, fluviales et aéroportuaires pour déployer des solutions H₂ au service de leur décarbonation des usages.

Le territoire regroupe aujourd'hui 2 principaux écosystèmes H₂ présentant des logiques de développement et risques spécifiques. La Basse Seine constitue un écosystème orienté principalement vers l'industrie et le transport aérien : elle regroupe 2 plateformes industrialo-portuaires accueillant 4 futurs projets H₂ renouvelable et bas carbone dédiés principalement à la production d'électrocarburants d'aviation durable et à la consommation d'H₂ matière d'industries à l'activité tendanciellement baissière (raffinerie, production d'ammoniac). La zone dense francilienne et ses aéroports est un écosystème davantage orienté vers la mobilité, routière puis aérienne, avec de nombreuses stations et des productions principalement décentralisées, sensibles aux retards et difficultés dans le déploiement de solutions H₂ pour la mobilité lourde, notamment poids lourds. Enfin, la Seine-et-Marne pourrait à terme former un troisième écosystème, principalement industriel, si des projets complémentaires à la Raffinerie de Grandpuits émergeaient.

Les synergies entre ces écosystèmes sont aujourd'hui limitées à la production de Carburants d'Aviation Durables (CAD) mais pourraient être renforcées à travers une logistique H₂ dédiée en mesure de consolider la dynamique H₂ de ces territoires. Le réseau TRAPIL permet de connecter les zones de production de CAD des zones industrialo-portuaires normandes vers les aéroports franciliens et constitue un des moyens de dérisquer les projets hydrogène normands tout en optimisant la localisation de production massive de carburant dans des zones adaptées. La mise en place d'une logistique de masse dédiée au transport d'H₂ de la Normandie vers l'Île-de-France (canalisations H₂, transport par voie fluviale ou ferroviaire, camions, y.c liquide à terme) pourrait offrir de nouveaux débouchés aux producteurs normands, tout en favorisant l'adoption de solutions H₂ auprès des utilisateurs franciliens en rendant la molécule plus accessible. Enfin, la sécurisation d'un corridor de stations H₂ le long de l'axe Seine soutiendrait la décarbonation des flux routiers puis fluviaux H₂ entre les deux écosystèmes, amenés à croître avec le développement du trafic de conteneurs vers le Havre.



Contexte et enjeux

1. Le CPIER doit permettre à la Vallée de Seine de rayonner à l'échelle européenne à travers un projet de développement à l'horizon 2030

Le contrat de plan interrégional Etat-Régions doit permettre d'apporter des réponses aux défis communs des Régions Île-de-France et Normandie :

- Renforcer le réseau portuaire, maritime et fluvial
- Structurer un système multimodal logistique performant
- Consolider les logistiques et les industries interrégionales
- Utiliser de façon optimale un espace densément occupé
- Réduire les émissions de GES et les pollutions atmosphériques et sonores

Une gouvernance en 3 instances permet la coordination et la mobilisation des acteurs :

- Une délégation interministérielle au développement de la Vallée de Seine et un préfet coordonnateur
- Un comité directeur de la Vallée de la Seine rassemblant l'État et les 2 Régions pour piloter le CPIER
- Une association des autres acteurs partenaires : collectivités, entreprises, etc.

Un plan d'actions en trois axes doit permettre de développer la Vallée de Seine :

- Aménager la vallée de la Seine à l'aune des transitions
- Accélérer les transformations des mobilités
- Poursuivre le développement économique et social des territoires dans une logique de décarbonation et de mise en œuvre des transitions

2. L'hydrogène renouvelable et bas carbone constitue un moyen pour répondre aux défis des deux régions, à la fois concernant les transitions énergétiques et le développement économique

L'hydrogène constitue une des réponses pour la décarbonation de nombreux secteurs d'activité de la Vallée de Seine, qui regroupe à la fois un secteur industriel développé, en particulier autour des zones industrialo-portuaires, ainsi qu'un secteur du transport lui aussi soumis à des enjeux de réduction des GES : aérien, routier, maritime et fluvial.

2.1 La Vallée de Seine, un territoire d'industries et de mobilités

Le territoire dispose d'un tissu industriel historique fortement consommateur d'énergie et émetteur de CO₂ (15% du total des émissions en France)⁶ et consommateur d'H₂ fossile. La Vallée de Seine comprend 3 des 7 raffineries du pays, 3 des 4 sites de production d'ammoniac, et diverses autres industries (verreries, aciéries, papeterie, ...), localisées en particulier autour du Havre, de Rouen et en Seine et Marne. Ces acteurs industriels sont déjà de grands consommateurs d'H₂ conventionnel

⁶ Source : Haropa, Revue Courant #1, janvier 2024



(produit à partir d'énergie fossile) : environ **366 000 tonnes⁷ d'H₂ conventionnel** y sont consommées dont une large partie est produite sur le territoire⁸, soit près de **41% de la consommation nationale**.

La Vallée de Seine est un également un territoire de mobilité. Le secteur du transport maritime, qui permet de faire transiter **124 MT de marchandises par an par les ports d'HAROPA** doit accélérer sa décarbonation, conformément à la stratégie définie par l'Organisation Maritime Internationale (OMI), la feuille de route de décarbonation du secteur maritime et la réglementation européen Refuel Maritime EU. **Le secteur fluvial, rassemblant près de 700 bateaux** naviguant sur le bassin Seine⁹ doit lui aussi réduire ses émissions de gaz à effet de serre et autres polluants atmosphérique, en particulier lorsque ces bateaux traversent des zones urbaines. La Vallée de Seine dispose également d'un trafic aérien intense à travers **les plateformes aéroportuaires franciliennes qui représentent 50% du trafic et 80% des consommations de carburant** à l'échelle de la France. Le transport routier est également dense et regroupe un parc de près de **8 millions de véhicules, dont environ 130 000 véhicules lourds**.

2.2 L'hydrogène renouvelable et bas carbone, un enjeu économique, climatique et social

Le développement de l'hydrogène renouvelable et bas carbone constitue un levier pour décarboner **les activités industrielles et liées au transport**. Dans l'industrie, en tant que matière première, il permet de réduire significativement les émissions des producteurs d'ammoniac ou les raffineries, il peut également servir d'intrant dans de nouveaux procédés industriels (fabrication de l'acier par exemple) ou encore dans la production de chaleur industrielle¹⁰ en substitution du gaz. Dans le secteur des transports, il peut être utilisé sous forme gazeuse ou liquide, comme carburant pour le transport routier de marchandises et de passagers. Il est également prévu de l'utiliser dans le secteur maritime, soit directement pour les navires de petite dimension, soit comme intrant pour des e-carburants nécessaires aux plus gros navires. Des applications hydrogène seraient également possibles pour le secteur fluvial et le transport ferroviaire. Enfin, l'hydrogène renouvelable et bas carbone est utilisé comme carburant alternatif de l'aviation, soit à travers la production de carburant d'aviation durable (CAD) soit en utilisation directe, sous forme gazeuse puis liquide.

La production d'H₂ renouvelable et bas carbone représente également un enjeu de développement économique, tant l'énergie est un facteur clé pour la compétitivité des entreprises. La substitution d'énergies fossiles par des énergies renouvelable et bas-carbone génère des surcoûts, que les réglementations sur les marchés carbones, le mécanisme d'ajustement carbone aux frontières, les taxations des carburants ont vocation à limiter. Il s'agit donc de produire ces carburants alternatifs à moindre coût, ce qui implique à la fois une massification de la production, mais également la mise à disposition des infrastructures de stockage, transport et distribution en mesure de réduire les coûts et ainsi favoriser la compétitivité des acteurs.

L'hydrogène présente également un enjeu de souveraineté énergétique. En ce sens, la France souhaite développer sa propre production nationale, alimentée par un réseau électrique largement bas carbone grâce au nucléaire, quand bien même la stratégie nationale hydrogène révisée ouvre la voie aux importations pour compléter les besoins.

⁷ Normandie : env. 300 kt H₂ soit 1/3 de la consommation nationale, Île-de-France : env. 66 kt H₂ - source AREC IDF pour la consommation d'ammoniac

⁸ Etude Delphy : 350kt/an de production H₂ en Vallée de Seine

⁹ L'étude AviCafe porte sur le périmètre du bassin qui intègre la Marne

¹⁰ Chaleur haute température à destination de procédés industriels



Enfin, l'hydrogène constitue un levier de réindustrialisation et de développement des emplois et compétences industriels et de services associés. L'émergence du marché de l'hydrogène génère de l'innovation, de la production et des emplois sur toute la chaîne de valeur : production d'électrolyseurs, de liquéfacteurs, de canalisations, de stations, de véhicules et des composants nécessaires à leur fabrication. Le développement et le renforcement de la filière sur les territoires sont essentiels pour favoriser le déploiement de projets hydrogène. Ils garantissent également la maîtrise des équipements, et renforcent ainsi la souveraineté énergétique.

2.3 La stratégie nationale révisée a pour ambition d'accélérer le déploiement de l'hydrogène bas-carbone

Publiée dans le cadre d'une consultation nationale en décembre 2023, le projet de stratégie vise à accélérer le déploiement de l'hydrogène bas carbone et affirme plusieurs grandes ambitions, telles que :

- L'installation de **6,5 GW de capacité de production d'électrolyse en 2030** et 10 GW en 2035 en France
- Le **développement de réseaux hydrogène prioritaires au sein des hubs** (intra-hub) tel que dans la zone du Havre, avec la définition des tracés d'ici 2026
- Le déploiement des **mécanismes de soutien à la production nationale** afin d'en favoriser la compétitivité
- La **maîtrise la chaîne de valeur H₂**
- L'accompagnement des mobilités hydrogène pour les usages les plus pertinents.

3. L'État et les Régions, des acteurs en soutien de la filière



Délégation interministérielle
au développement
de la vallée de la Seine

- Stratégie nationale pour le développement de l'hydrogène (SNH) de 2020
- Financements de 7 milliards d'euros via le SNH + 1,9 milliards d'euros via France 2030, à travers des véhicules tels les AAP ADEME « briques et démonstrateurs » et « écosystème territoriaux », le mécanisme de soutien à la production d'H₂, le soutien aux PIEEC H₂...
- SNH révisée

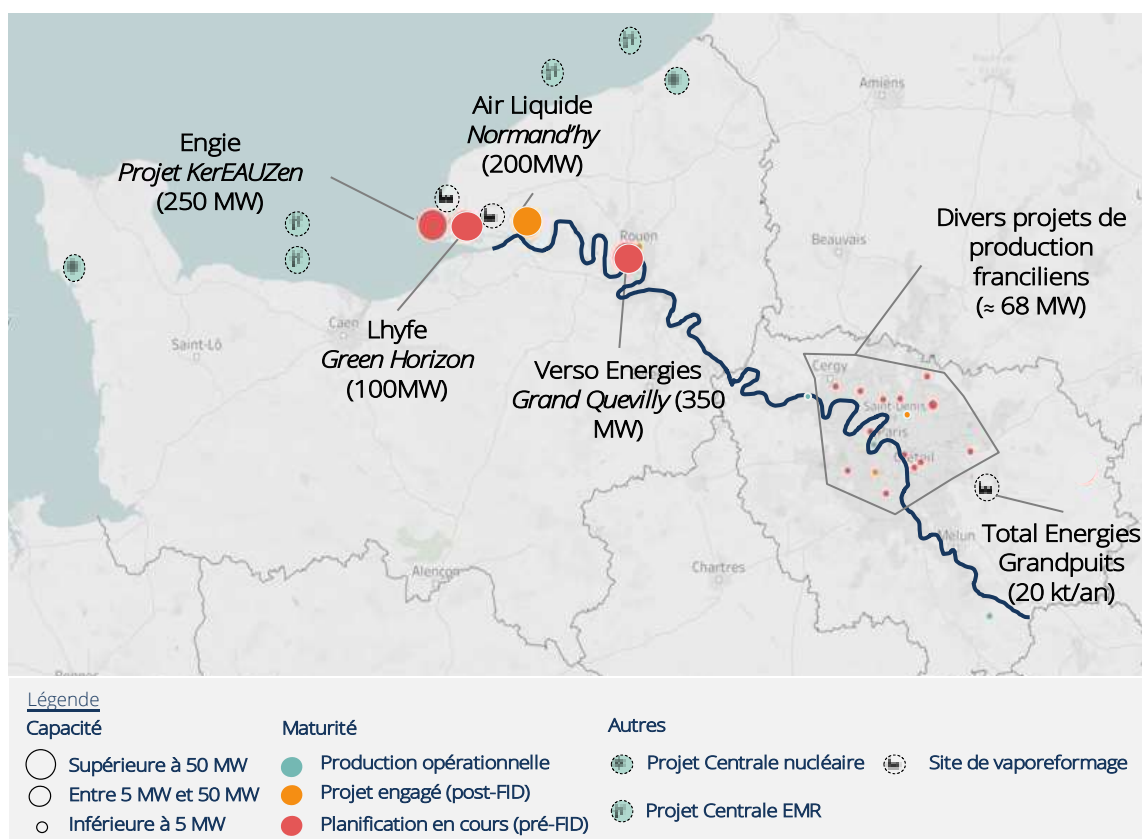


- Plan Normandie Hydrogène de 2018 visant notamment à mieux connaître les besoins du territoire et faire émerger une communauté hydrogène
- Financement de plusieurs projets clés et études à la maille régionale
- Animation d'une communauté hydrogène

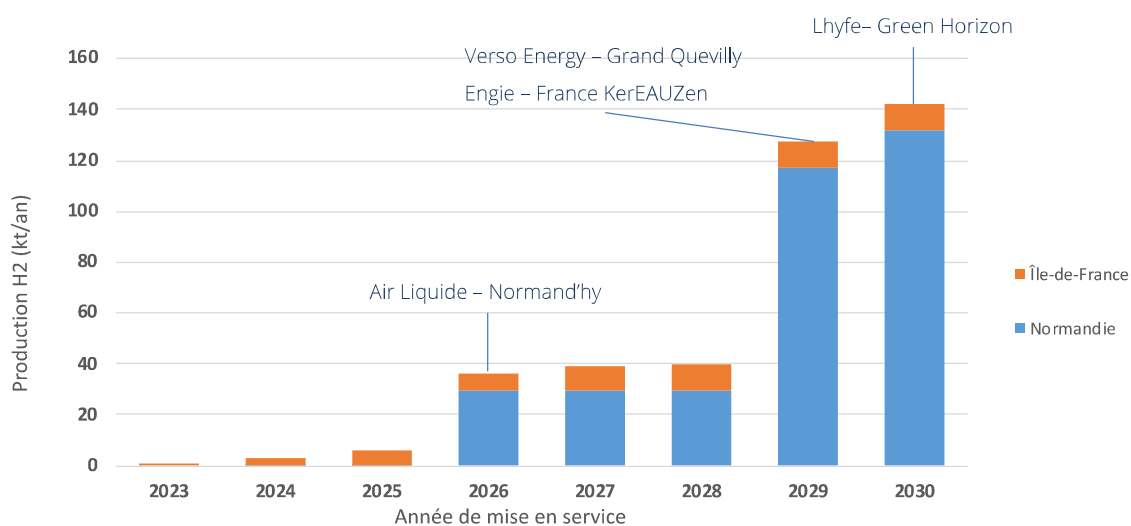


- Inscription de l'hydrogène dans différents documents clés :
 - Stratégie régionale énergie climat (2018)
 - Stratégie Île-de-France territoire hydrogène (vote en 2019)
 - Stratégie régionale de développement économique (2022)
- Financement des projets clés et études à la maille régionale
- Club Hydrogène IDF rassemblant entreprises et collectivités

Production

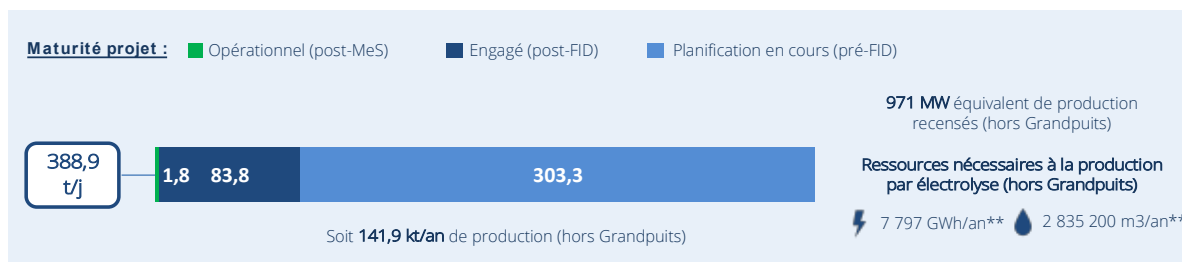


Cartographie des projets de production en Vallée de Seine



Synthèse des productions et leur échelonnement dans le temps à l'échelle de la Vallée de Seine d'après les données transmises par les producteurs¹¹

¹¹ Hors production Bioraffinerie Grandpuits, seuls les projets supérieurs ou égaux à 100MW sont mentionnés – Pour le projet Verso : hypothèse d'une MeS de la capacité maximum, en l'absence de vision sur la mise en œuvre progressive des capacités de production



Synthèse des capacités de production en Vallée de Seine



Représentation simplifiée des destinations des productions en Vallée de Seine (en tonnes d'H₂)

Cette représentation constitue, pour les grands projets, la vision des producteurs sur la destination de leur production au moment des entretiens – cette vision peut d'une part rapidement évoluer en fonction des échanges avec leurs prospects et d'autre part être en décalage avec la vision des consommateurs.

A date la Vallée de Seine comprend 25 projets de production d'H₂ renouvelable et bas carbone pour une capacité totale de 141,9 kt / an à horizon 2030, ce qui représente près de 15% des objectifs de la stratégie nationale révisée et environ 39% de l'H₂ conventionnel aujourd'hui consommé en Vallée de Seine¹². Une capacité de 55 t/j environ proviendra d'H₂ non électrolytique, produit à la bioraffinerie de Grandpuits, soit un total de 20kt/an.

Les volumes de production sont essentiellement dédiés à la consommation dans l'industrie (ammoniac, raffinerie, etc.), incluant la production de carburants de synthèse pour l'aérien. Des capacités plus limitées sont destinées à des usages de mobilité terrestres.

La majeure partie de la production est localisée en Normandie, autour de 4 grands projets (Normand'hy – Port Jérôme, Green Horizon – à Gonfreville l'Orcher, France KerEAUZen au Havre, Projet de Verso Energy à Grand-Quevilly) représentant 900MW de production par électrolyse. Les projets de fortes capacités sont localisés sur des sites industriels (Le Havre, Rouen, Grandpuits en Île-de-France), à proximité de consommateurs d'H₂ conventionnel et d'infrastructures de stockage et

¹² Cette production bas carbone est toutefois affectée pour partie à de nouveaux usages (e-fuel, mobilité par ex.) – ce chiffre ne signifie donc pas que 55% des consommations industrielles actuelles sont couvertes et décarbonées via ces productions bas-carbone.

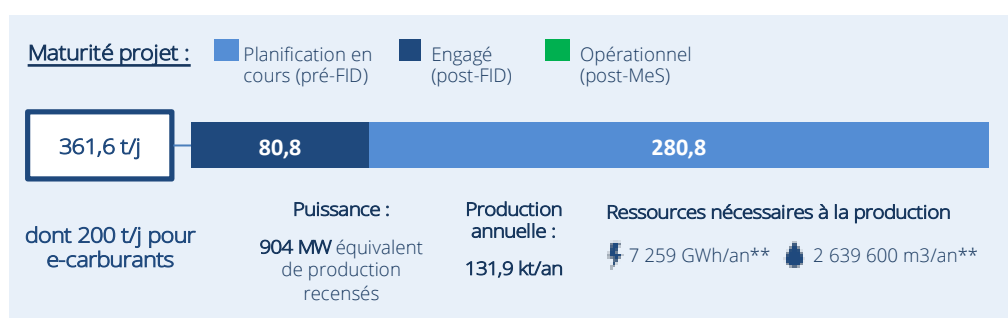


de réseaux existants (TRAPIL, réseau Air Liquide), sur un modèle centralité ou semi-centralisé. Les projets de plus petites dimensions sont quant à eux localisés dans des écosystèmes essentiellement mobilités, en Île-de-France notamment.

Les projets ayant dépassé le stade de la décision finale d'investissement sont toutefois encore peu nombreux, et les productions opérationnelles rares. 1,8 t/jour de capacité de production aujourd'hui opérationnelles (EDF Les Renardières, électrolyseurs des Stations Hysetco Porte de Saint Cloud et centre d'essais Hyvia) en plus de très petites unités de production locales. 6 projets sont au stade de la décision finale d'investissement¹³ dont un projet de production de masse par électrolyse (Normand'hy). Les autres projets présentent des situations contrastées dans leur avancement et doivent franchir encore des étapes avant de parvenir à la décision finale d'investissement : contractualisation avec des premiers consommateurs, sécurisation de capacités électriques, financement ... Pour ces projets en particulier, les dates de mise en service annoncées peuvent connaître des décalages. Ces projets peuvent également être abandonnés.

La somme de ces projets d'H₂ renouvelable et bas carbone devrait amener à une consommation en ressource électrique de près de 8 TWh/an et un prélèvement de 2,8 Mm³ d'eau/an (0,15% du volume consommé actuellement, voir section « Eau » ci-dessous).

3.1 Les principaux projets de production normands



Synthèse des projets de production recensés en Normandie

La Normandie comprend **5 principaux projets** de production connus d'hydrogène bas carbone et renouvelable¹⁴, en mesure de produire **132 000 tonnes d'H₂ par an, soit près de 44% de la consommation actuelle normande¹⁵**. Ces projets sont principalement des sites de production massive, centralisée ou semi-centralisée¹⁶, destinés à alimenter des usages des plateformes industrielles du Havre et de Rouen : raffinerie, production d'ammoniac et de carburants de synthèse. Ils se déploieront dans des zones disposant d'usages massifs et d'un réseau d'infrastructures existant pour transporter les productions d'H₂ (réseau Air Liquide), de CO₂ (en cours), de carburant de synthèse (TRAPIL) et pour des acteurs disposant déjà de zone de stockage sur site ou à proximité.

¹³ Bus H₂ Rouen (production/distribution), Normand'hy, Pôle excellence mobilité H₂ Hyliko, Grandpuits, Vallée Sud Grand Paris, station Hysetco Bourget

¹⁴ 3 autres projets de production sont confidentiels et ne sont donc pas inclus dans le présent rapport.

¹⁵ La Normandie représente environ 1/3 de la consommation nationale d'hydrogène, estimée à 900 000 tonnes / an

¹⁶ Le modèle de production centralisée suppose des capacités de production massives, généralement en dehors des bassins de consommations, connectées à un réseau de transport afin d'acheminer l'H₂ vers les consommateurs. Un modèle de production décentralisée comprend des capacités de production plus modestes, implantée à proximité des usages pour être consommée « sur place ». Le modèle semi-centralisée, comprend des capacités de production intermédiaires, adossées à un consommateur important (industriel ou station de distribution par exemple) et dont une partie est destinée à être exportée aux alentours.



Au Havre, le [projet France KerEAUZen](#), porté par Engie, vise à produire des carburants de synthèse pour les compagnies aériennes des plateformes aéroportuaires franciliennes. Un électrolyseur d'environ **250 MW**, produirait de l'H₂ renouvelable et bas carbone, pour une production d'e-carburants à hauteur d'environ **80 000 t/an**. Cet H₂ serait combiné à du CO₂ industriel issu du projet Salamandre¹⁷ et d'industries avoisinantes pour produire du carburant de synthèse, ensuite acheminé par barge jusqu'au terminal de la compagnie industrielle maritime (CIM) pour être **injecté dans le réseau TRAPIL jusqu'aux aéroports franciliens**. Les volumes produits devraient ainsi couvrir l'ensemble du mandat français en e-CAD¹⁸ à horizon 2030 (soit les 1,2% imposés par ReFuelEU Aviation), environ 23% du mandat national à horizon 2035. **La décision finale d'investissement devrait intervenir en 2026 pour une mise en service fin 2029.**

A Gonfreville-l'Orcher, Lhyfe porte le [projet Green Horizon](#), annoncé en novembre 2023¹⁹. Il serait constitué d'un électrolyseur d'au moins **100 MW** pour produire près de 34 t H₂ / jour²⁰. Le projet a vocation à décarboner la consommation d'H₂ conventionnel des industriels de la zone du Havre, ainsi que la mobilité. Une concertation publique doit être lancée en février 2024 et le projet est en attente d'une demande de financement déposée dans le cadre du **PIIEC Hydrogène FR23 - DecarbHyndustry**. La mise en service du projet devrait intervenir **avant 2030**.

En remontant la Seine, à Port Jérôme, le [projet Normand'hy](#), porté par Air liquide, a pour ambition d'installer un électrolyseur d'environ **200 MW de puissance**, principalement destiné à alimenter en H₂ les acteurs industriels des environs. La moitié de la production (env. 65t/jour) devrait alimenter la raffinerie de Normandie **Total Energies** à Gonfreville pour désulfurer en partie la production de carburant. Dans ce cadre, Total fournira l'électricité renouvelable et bas carbone pour la part de production qui lui est réservée²¹. Le reste pourra répondre aux besoins d'industriels sur la plateforme industrielle ou à des besoins en mobilité. Le projet a vocation à être connecté au réseau H₂ d'Air liquide en Normandie et qui se déploie jusqu'au Havre. **La mise en service est prévue en 2026.**

Enfin, au Grand Quevilly (vers Rouen), Verso Energy développe un [projet de production d'H₂ et d'e-carburants](#). Celui-ci doit permettre de développer **maximum 350 MW d'électrolyse**²², afin de produire 50 000 tonnes d'H₂ par an. Une grande partie de la production d'H₂ est destinée à l'élaboration de e-CAD, à destination des aéroports franciliens à travers le réseau TRAPIL. L'H₂ restant doit permettre de décarboner des usages industriels de la zone. Une **mise en service prévue en 2029**.

D'une dimension plus modeste, le [projet LH2](#)²³ du Havre consisterait à déployer un **électrolyseur de 2MW** au Havre, par Hynamics, pour des **usages mobilité**, avec une station adossée à l'électrolyseur et une autre à déployer en zone portuaire. Lauréat de l'appel à projet Écosystème H₂ de l'ADEME en 2023, le projet doit théoriquement être mis en service dans les 2 ans suivant la contractualisation, soit en 2026 au plus tard.

¹⁷ Le projet Salamandre vise à produire du BioGNL et autres gaz de synthèse, pour la mobilité maritime et notamment les porte-conteneurs dual-fuel de CMA-CGM

¹⁸ Règlement ReFuel EU Aviation. Il a été pris en considération uniquement la part d'e-kérosène (RFNBO), et non la part totale de CAD. Consommation française totale de carburéacteurs s'élevant à 7,1Mt en 2019. 1,2% en e-fuels (2030) de cette consommation représentant environ 85kt, puis 5% d'e-fuels (2035) soit 355kt en prenant l'hypothèse d'une iso-consommation de carburéacteurs par rapport à 2019.

¹⁹ <https://www.registre-numerique.fr/gonfreville-l-orcher/voir?avisMod=1604>

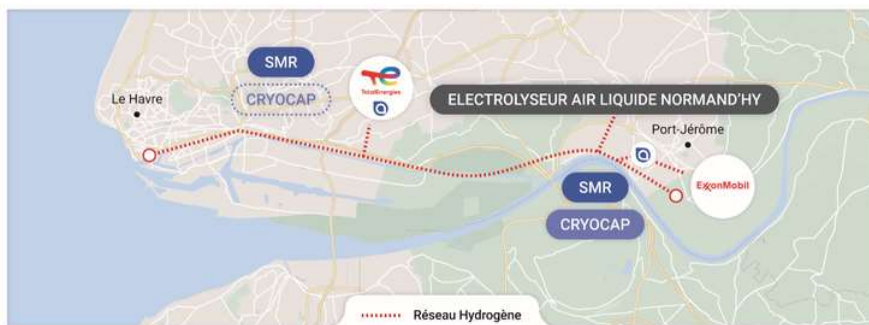
²⁰ Et maximum 40 t H₂/j

²¹ <https://totalenergies.com/fr/medias/actualite/communiqués-presse/totalenergies-air-liquide-sassocient-decarboner-plateforme>

²² Ce maximum est utilisé dans les chiffres consolidés présentés dans le document

²³ En l'absence d'entretien avec le porteur de projet, le statut du projet n'a pas fait l'objet d'une mise à jour récente

La région Normandie comprend par ailleurs **3 sites de production d'H₂ par vaporeformage de gaz** : une **unité à Port-Jérôme d'Air Liquide**, comprenant un procédé de capture et stockage de carbone (CCS), un autre sur le site de la **raffinerie de Total Energies à Gonfreville**, qui doit par la suite être rétrocédé à Air Liquide²⁴, qui y installera une unité de CCS et enfin un dernier sur le site de **production d'ammoniac de Yara** également à Gonfreville.



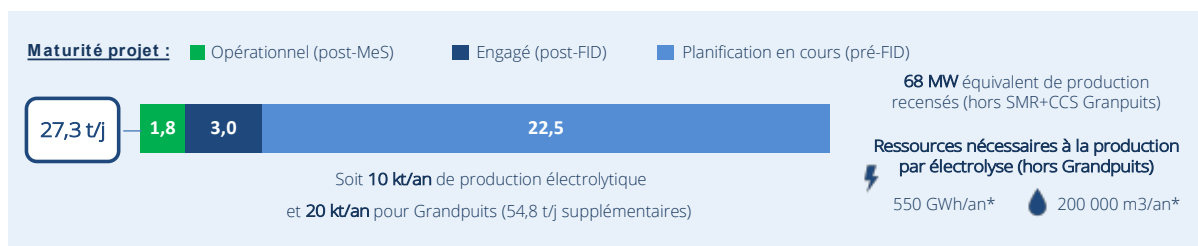
Cartographie des sites et projets de production d'H₂ d'Air Liquide en Normandie²⁵

²⁴ « dans le cadre d'un contrat à long terme, Air Liquide reprendra et exploitera l'unité de production d'hydrogène de la plateforme de TotalEnergies d'une capacité de 255 tonnes/jour. L'unité sera raccordée au réseau hydrogène d'Air Liquide en Normandie. Le projet prévoit la mise en œuvre d'une solution de captage et de stockage du CO₂ (CCS) à grande échelle. » - <https://normandhy.airliquide.com/air-liquide-normandhy/projet-au-coeur-du-bassin-industriel-normand>

²⁵ Source : Air Liquide



3.2 Les principaux projets de production franciliens



Synthèse des projets de production recensés en Île-de-France

L'Île-de-France comprend de nombreux projets de production de dimensions ≤ 5 MW davantage tournés vers la mobilité. Hormis le projet de décarbonation de la raffinerie de Grandpuits et un projet de Lhyfe, les autres projets consistent en des productions ≤ 5 MW décentralisées, principalement dédiées aux mobilités et à l'industrie « diffuse ». Au total, 19 électrolyseurs sont prévus en Île-de-France, dont une grande partie adossée à des stations de distribution pour la mobilité.

En Seine et Marne, la **raffinerie Total Energies de Grandpuits** produira près de 400 000 tonnes de carburants biologiques et de synthèse, dont plus de la moitié de CAD (210 kt puis 285 kt en 2027) destinée à l'aviation des 3 aéroports franciliens et notamment du Bourget, pour l'aviation d'affaire. Le raffinage sera réalisé à partir des 20 000 tonnes d'H₂ produits par Air Liquide sur site, par un **procédé de vaporeformage** qui traitera 100% de biogaz²⁶. Le procédé *Cryocap*, d'Air Liquide, devrait être mis en place sur le SMR pour permettre de capter près de 100 000 t/an de CO₂ d'origine biogénique. La combinaison de la technologie de captation du CO₂ du SMR avec l'utilisation de biogaz constituant une innovation, le contenu carbone de l'H₂ produit doit encore être affiné au regard de la taxonomie européenne. Le projet a déjà fait l'objet d'une décision finale d'investissement et doit être **mis en service entre 2025 et 2026**.

En Seine et Marne toujours, un **électrolyseur d'1MW** du **Lab EDF des Renardières** est déjà en fonctionnement. Utilisé dans la recherche, la production pourrait néanmoins avoir des débouchés commerciaux.

D'autres projets de production électrolytiques sont envisagés en Seine et Marne, notamment à travers **Lhyfe**. A **Bussy Saint Georges**, le long de l'A4, un projet de **production de 5 MW d'H₂ renouvelable**, adossé à une station de distribution, doit permettre d'alimenter des usages mobilités et industries diffuse dans l'Est francilien. Ce projet fait l'objet d'un dépôt de dossier auprès de l'ADEME (Ecosys H₂) et de la Région Île-de-France (Innovation & Structuration H₂). La **décision finale d'investissement est attendue pour fin 2024** et la mise en service pour le **courant 2026**.

A Vitry sur Seine, le **projet H2 Seine Vitry**, porté par **Hynamics**, doit permettre de développer une production d'H₂ de **4MW** pour décarboner des usages en mobilité lourde. Ce projet, soutenu par l'ADEME, devrait commencer la phase de travaux en 2024. La **fin des travaux est prévue pour fin 2025** et un **ramp up de 5, puis 10 MW** est par la suite envisageable si les usages se développent.

²⁶ Source : entretien TotalEnergies. Contre 2/3 méthane et 1/3 issus des biogaz résiduels de la bioraffinerie de Total Energies, annoncé précédemment



Dans le Val de Marne, à Créteil, le [projet H2 Créteil](#), porté par le **groupe Suez et le SPEREnr**, a vocation à produire de l'hydrogène renouvelable à partir de l'électricité produite par l'UVE (Unité de Valorisation Énergétique) de Créteil notamment (à minima 50%). La mise en service, est prévue en 2024.

A Chatenay Malabry, dans le cadre du [projet Vallée Sud H2](#) (Hynamics), une **production de 5 MW** est prévue pour alimenter des usages mobilités pour une flotte de 30 bus Île-de-France Monilités et 27 BOM. Financé par la Région Île-de-France, l'Union Européenne (guichet CEF) et l'ADEME (Ecosys H2), le projet est engagé, la première **pièce ayant été posée en novembre 2023**. La date prévisionnelle de mise en service est prévue en 2025.

A Gennevilliers, dans le cadre du [projet HyLandAir](#) de décarbonation des usages aéroportuaires, Engie développe, sur un foncier mis à disposition par HAROPA, un **électrolyseur de 5 MW** destiné à alimenter, en plus de sa propre station, un réseau de stations déportées à l'aéroport de Roissy Charles de Gaulle (Tremblay), par ex. La mise en service est prévue pour octobre 2025.

3.3 Les projets de production doivent se développer dans un environnement contraint en termes de ressources foncières et électriques

3.3.1 Foncier

La sécurisation de ressources foncières constitue **un des principaux freins** au développement de projet H₂. Il s'agit pour les producteurs d'identifier des terrains :

- **à proximité des principaux usages** et donc des bassins de consommations industriels ou de mobilité ;
- **conformes aux diverses réglementations** / seuils sur la production et le stockage de matière dangereuse ;
- **accessible en termes de coût**, afin d'améliorer l'équation économique du projet.

L'**objectif zéro artificialisation nette (ZAN)** à horizon 2050 complexifie la mise à disposition de foncier : l'artificialisation de sols requiert alors des compensations et les projets H₂ se retrouvent en concurrence avec d'autres projets de développement, parfois plus attractifs en termes d'emplois générés.

En Île-de-France, le foncier disponible pour des projets H₂ et accessible est limité. Le Schéma Directeur de la Région Île-de-France Environnemental (SDRIF-E), prévoit que pour tenir compte notamment des contraintes de sobriété foncières, « *ces nouvelles infrastructures énergétiques devront être compactes et développées en priorité dans les zones déjà artificialisées* ». Il s'agit dès lors de convertir à des solutions bas carbone les sites historiques de la région dédiés au stockage et la production d'énergie fossile comme à Grandpuits, Gargenville, Vitry ou Porcheville. En outre, **afin de « préserver le capital productif francilien », 1400 Ha sont alloués par le SDRIF-E pour garantir le foncier pour la transition environnementale**. Ce qui inclut à la fois des activités telles que la production de chaleur/froid, d'EnR&R et autres gaz de synthèse parmi lesquels l'H₂. Plusieurs développeurs de projet ont ainsi remonté que la contrainte foncière (disponibilité et prix) conduit à déprioriser l'Île-de-France pour leurs investissements, particulièrement pour des gros projets.

La situation foncière est un peu plus favorable en Normandie mais doit également s'inscrire dans un **projet de limitation de l'artificialisation de ses sols**. Le Schéma Directeur d'Aménagement, de Développement Durable et d'Égalité des Territoires de la Région Normandie (SRADDET) prévoit que



le foncier sera une ressource rare et que sa « *maitrise revêt un caractère particulièrement transversal puisqu'elle concerne tout à la fois la préservation des ressources et les sujets liés à la mobilité et aux déplacements, l'énergie, le climat, la pollution, l'air, les infrastructures* ». Ainsi, la bonne gestion du foncier passera par l'accélération de la requalification des friches en tenant compte des délais de reconversion (pollution, renouvellement) et de la diversité des usages possibles.

Des gestionnaires d'infrastructures de transports tels HAROPA ou ADP disposent de réserves foncières pouvant accueillir de potentiels nouveaux projets de production ou de distribution. HAROPA a ainsi déjà mis à disposition des fonciers à Rouen et au Havre, ainsi qu'en Île-de-France pour des projets H₂ et dispose de réserves foncières. Des réserves foncières existent au Havre où quelques parcelles de 30-50 ha jusqu'à 300 Ha sont encore disponibles, en particulier au sud du Grand canal du Havre. Ces terrains ont été inscrits dans un projet réglementaire pour les affranchir des restrictions liées au ZAN. A Port-Jérôme, quelques terrains sont également disponibles en bords à voie d'eau (10-15 Ha). A Rouen, une grande parcelle de 50 ha est disponible sur l'ancien terrain de Renault, le terrain est « clé en main » car déjà artificialisé. Il fait l'objet d'un AAP en cours. En Île-de-France, le foncier d'HAROPA est occupé à 90% : les grandes parcelles sont rares et dépendent principalement des libérations de foncier par des acteurs déjà installés. Les parcelles inoccupées sont généralement de petite dimension : 2 à 3 ha mais moins sujettes à des enjeux environnementaux.

Côté ADP, des études sont en cours avec GRT Gaz et RTE pour estimer le besoin de production sur site, et le foncier nécessaire – des marges de manœuvre existeraient néanmoins sur la production sur site.

3.3.2 Électricité

En Île-de-France, la production d'énergies renouvelables devrait rester limitée. La Région, la DRIEAT et l'AREC-IDF prévoient une production d'énergies renouvelables totale entre 32 et 38 TWh principalement sous forme de chaleur à l'horizon 2040, dont 7 TWh maximum d'électricité d'origine photovoltaïque, 1,5 TWh d'éolien et 1 TWh à partir des unités de valorisation des déchets²⁷. La faible production électrique d'origine renouvelable sur le sol francilien s'explique par la densité de population et de zones urbanisées dans la région, peu propice à développer d'importantes capacités d'électricité renouvelable.

Le réseau RTE actuel en Île-de-France devrait permettre d'approvisionner en électricité les projets de production hydrogène d'ampleur modérée notamment pour la mobilité. En revanche, des tensions au niveau du réseau de transport et d'approvisionnement d'électricité pourraient naître selon le dimensionnement et la localisation des projets portés par les aéroports franciliens. La concurrence demeure cependant forte en termes de raccordement pour les nouveaux projets hydrogène et d'autres projets énergétiques (bornes de recharges électriques, data centers etc.).

La Normandie dispose d'infrastructures de production électrique et de gisement ENR et nucléaires importants. La région normande accueille 8 réacteurs nucléaires et prochainement le 1^{er} EPR français. L'éolien offshore représente plus d'1GW en développement sur 3 parcs d'ici 2026 et d'un 4^e (pour 1,5GW total) qui devrait voir le jour d'ici 2030, avec des objectifs de production de 4500 GWh/an en 2030. L'éolien terrestre représente aussi un atout de production avec des ambitions de production de 2240 GWh/an pour 1,1GW installée en 2030. Le solaire photovoltaïque et la biométhanisation constituent aussi des sources potentielles intéressantes pour la production d'énergies renouvelables.

²⁷ SDRIF-E 2023, Objectifs de production d'ENRR en Île-de-France en 2040 page 184



Le réseau électrique en Normandie est plutôt stable puisque la région est bassin important de production et d'exportation, mais aussi un bassin de consommation. Les infrastructures actuelles conjointement avec le renouvellement industriel permettront de répondre aux demandes de connexion court et moyen termes pour les projets énergétiques. Un projet de nouvelle ligne haute tension 400kV est à l'étude entre Rougemoutiers dans l'Eure et Port-Jérôme en Seine Maritime. Une seconde ligne souterraine de 225kV relierait les zones industrielles de Port-Jérôme et du Havre. L'objectif est une mise en service fin 2029 et permettrait d'acheminer davantage d'électricité pour la décarbonation des plateformes industrielles. Le projet de nouvelle ligne haute tension 400kV pour 6GW de capacité de transport d'électricité supplémentaire entre Amiens et Caux, pourrait permettre dans un second temps et aux alentours de 2035, de répondre aux besoins de raccordement et d'approvisionnement en électricité.

La Normandie souhaite renforcer les interconnexions entre les différents réseaux de transport énergétiques. En matière d'électricité, la région normande se positionne comme une exportatrice avec 2,5 fois plus d'électricité que sa consommation destinée à l'export. Le système de transport d'électricité est un point névralgique du système d'approvisionnement qui s'est développé historiquement autour des moyens de production centralisés via des lignes haute et très haute tension. Aujourd'hui, ce réseau de transport doit s'adapter au développement massif prévu des énergies renouvelables, souvent décentralisées afin d'assurer la stabilité et la sécurisation, notamment au travers de moyens de flexibilisation et d'interconnexions. Les objectifs régionaux sont notamment de mener à bien les projets d'interconnexion IFA2, FABLink ou encore AQUIND qui partent respectivement du Calvados, de la Manche et de la Seine Maritime.

De même, le développement des énergies renouvelables induit par nature une production électrique ne coïncidant pas forcément avec les besoins en termes de consommation. La montée en puissance de l'hydrogène en tant que vecteur énergétique permettant d'offrir une solution de stockage de l'électricité est un facteur clé de la réussite de la transition énergétique et du déploiement des sources de production renouvelables.

3.3.3 Enjeux sur la flexibilité réseau

Étant donné le besoin important en électricité, le déploiement de projets de production d'hydrogène électrolytique d'envergure aura un impact sur le réseau de transport électrique. Afin d'assurer la stabilité du réseau électrique et l'approvisionnement de tous les usagers, des besoins de flexibilité seront nécessaires.

Des réflexions sont donc en cours chez les gestionnaires d'infrastructures énergétiques sur les bénéfices d'un réseau de transport et de stockage d'H₂ pour optimiser le système électrique (Étude GRTGaz et RTE)²⁸. L'étude montre qu'une production flexible des électrolyseurs grâce à la connexion entre les bassins de production H₂ et des sites de stockages salins, via un réseau de canalisation dédié, permettrait d'optimiser le système électrique national. Au-delà de 2035, de telles infrastructures offriraient une souplesse dans la localisation des électrolyseurs tout en limitant les besoins de

²⁸ Etude GRTGaz et RTE, Enjeux du développement des infrastructures de stockage et de transport d'hydrogène associés au développement de l'électrolyse et leviers d'optimisation avec le système électrique



renforcement du réseau électrique. A titre informatif, dans le scénario de demande basse en H₂ de l'étude, soit 1Mt H₂ par an, le besoin en capacité de stockage salins s'élèverait à 10 TWh_{PCI}²⁹.

3.3.4 Eau

La ressource en eau sur le bassin de la Vallée de Seine est un enjeu crucial pour les populations et pour l'industrie. La ressource est relativement abondante mais connaît désormais des tensions au niveau des prélèvements lors des épisodes de sécheresses. Ces épisodes risquent de s'accroître avec le dérèglement climatique et les estimations sur le bassin Seine-Normandie laissent présager une diminution des cours d'eau de l'ordre de -10% à -30% sur la période 2070-2100 et une baisse des recharges des nappes de -16% en 2050³⁰. Les niveaux de consommations d'eau demeurent élevés au niveau francilien malgré une baisse ces dernières années due à la fermeture de certains sites industriels, l'amélioration des processus industriels et la baisse de la consommation domestique. En Île-de-France, la consommation s'élevait en 2016 à 1 353 Mt eau prélevées contre 2 000 Mt en 2007.

En Normandie, la préservation de l'eau ainsi que des zones humides est une priorité pour les collectivités. Au total, la vallée de Seine consomme environ 1,8 Mds de m³ d'eau par an³¹. La production d'hydrogène évoquée (2,8 Mmt/an) consommerait donc 0,15% de l'eau actuellement utilisée.

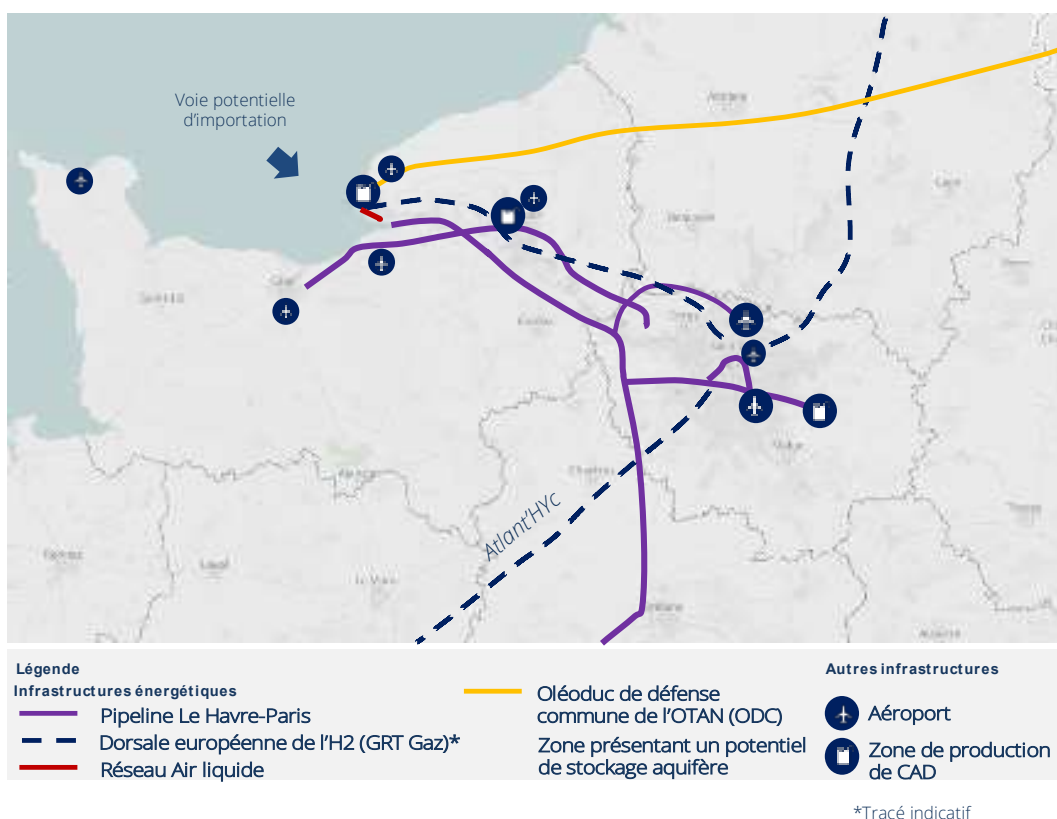
²⁹ Unité TWh_{PCI}, quantité d'énergie contenue dans un combustible sur la base de son pouvoir calorifique inférieur (PCI): le Pouvoir Calorique Inférieur est une propriété des combustibles, mesurant la quantité de chaleur dégagée par la combustion complète d'une unité de combustible hors énergie de vaporisation de l'eau.

³⁰ Schéma directeur de la région Île-de-France environnemental, Projet arrêté par le Conseil régional le 12 juillet 2023

³¹ 1,3 Mds de m³ en Île de France (source cours des comptes, chiffre 2022) et 0,5Mds de m³ en Normandie (Source DREAL, chiffre 2018)



Transport d'hydrogène³²



Cartographie des infrastructures de transport en Vallée de Seine

L'hydrogène peut être transporté de différentes manières :

- **Par camion**, sous forme gazeuse - dans des tubes trailers ou des racks de bouteille d'H₂ gazeux comprimé considéré comme pertinent dans un rayon de 120 à 150 km³³, ou sous forme liquide pour des volumes importants ou des distances supérieures à 500km³⁴ ;
- **Par canalisation**, courte ou longue distance, sous forme gazeuse ;
- **Par voie fluviale**, via des conteneurs / tube trailer posé sur une barge ;
- **Par voie maritime**, sous forme liquide (hydrogéniers), d'ammoniac, de méthanol ou de liquid organic hydrogen carrier (LOHC)

Aujourd'hui, en Vallée de Seine, le transport par camion et canalisation constitue la solution la plus répandue.

³² Cette section traite aussi du transport de CAD

³³ Pour des pressions de 200 à 300 bar et des volumes de 100 à 250 kg/j ; plus la livraison est lointaine, plus le coût de l'H₂ est élevé et moins son bilan carbone est intéressant (transport par camion diesel). Au lancement des productions, lorsque les usages sont plus rares certains producteurs estiment pouvoir livrer au-delà de cette fourchette

³⁴ Source : Air Liquide, Présentation JH2T Pau 2023 « Logistique de l'hydrogène : des solutions techniques pour le transport et le stockage » ; <https://www.jh2t.fr/download/files/atelier%20logistique.pdf>



3.3.5 Le transport par camion constitue aujourd'hui le principal moyen d'avitaillement de l'H₂ renouvelable et bas carbone pour les projets dédiés à la mobilité

Le camion permet de transporter des volumes limités d'H₂ depuis un site de production vers des sites de consommation dans un rayon compris entre 100 km et 250 km, distance qui permet de limiter le coût du transport à environ 1 €/kgH₂ pour la partie transport. Aujourd'hui, les stations-services ne disposant pas de leur propre production sont alimentées par camions. Le développement du nombre de stations devrait amener à renforcer le trafic de transport de matière dangereuse, la densité énergétique étant moindre pour du transport d'H₂ sous forme gazeuse que des hydrocarbures³⁵, même si des innovations sont en cours sur les tubes trailer et le transport d'H₂ liquide, qui permet de transporter de plus grand volume et donc d'optimiser la logistique et son coût³⁶.

3.3.6 Des réseaux de canalisation privées existent en Basse Seine et devraient être complétés par une canalisation reliant le territoire à l'Île de France et au reste de la dorsale européenne de l'hydrogène

Le transport d'H₂ par canalisation est une technologie mature permettant de transporter de grandes quantités d'H₂ gazeux. Ces canalisations présentent plusieurs intérêts en permettant de :

- **réduire les coûts** de transport de l'H₂ ;
- **démultiplier les consommateurs potentiels pour un projet donné** et ainsi de massifier la production - aujourd'hui, le transport par camion ne permet d'envisager l'avitaillement à un prix raisonnable qu'autour de 100 km ;
- **démultiplier les sources d'approvisionnement pour un consommateur donné**, renforçant la sécurité d'approvisionnement ;
- **stocker de l'H₂ dans la canalisation** elle-même.

La Normandie bénéficie d'un réseau de canalisation « longue distance » en Vallée de Seine : le réseau privé d'Air Liquide entre le Havre et Port-Jérôme. Cette canalisation permet de transporter l'H₂ des sites de production d'Air Liquide vers ses clients industriels, principalement des raffineries. Le projet Normand'hy et le SMR du site de Total Energies (255t/jour) ont vocation à être raccordés à ce réseau privé³⁷.

Des réflexions sont en cours pour aménager une canalisation de transport longue distance d'H₂ le long de l'Axe Seine et reliée au reste de la dorsale européenne de l'hydrogène. Le projet de dorsale européenne de l'hydrogène (European Backbone), est porté par les gestionnaires d'infrastructures de transport de gaz des différents pays et la Commission européenne. Elle vise à faciliter le développement des projets européens et à renforcer la souveraineté énergétique. En France, GRTGaz déploie de premiers projets de canalisation rétrofitée (convertie du méthane vers l'H₂) : MosaHyc, H2Med, RHyn ... Un AMI est également en cours pour lancer la construction d'un hydrogénéoduc en Occitanie. En Vallée de Seine, GRTGaz intègre dans sa stratégie de développement, un projet de canalisation permettant de remonter la Seine, du Havre vers l'Île-de-France et passant potentiellement à proximité des aéroports parisiens. Le tracé, tout comme la temporalité n'est pas encore défini, ni le caractère neuf ou rétrofité d'une telle canalisation. En effet, le rétrofit de canalisation de transport de

³⁵ Comme le relève le SDRIF-E, près 12,5 millions de tonnes de matières dangereuses – des hydrocarbures à 85 % - transitent chaque année sur les routes franciliennes

³⁶ Elle nécessite néanmoins un liquéfacteur près du site de production et une capacité de stockage liquide, qui devrait accompagner la plupart des stations de forte capacité

³⁷ Les évolutions de la réglementation sur le marché du gaz pourraient conduire à ouvrir ces installations à d'autres acteurs



gaz ne peut être réalisé que si les consommations de gaz et de biogaz sont amenées à diminuer graduellement. Dans les zones où la méthanisation constitue un axe de fort de développement des EnR&R le réseau existant sera utilisé pour transporter du biogaz, ce qui pourrait avoir des conséquences sur le caractère rétrofitable des canalisations vers l'H₂ et le coût de ces infrastructures.

A date, de plusieurs producteurs d'H₂ renouvelable et bas carbone sont en attente de ce projet de canalisation pour sécuriser des débouchés pour leur site, en complément des premiers consommateurs identifiés à proximité. GRT Gaz souhaite disposer de davantage de visibilité sur les besoins dans la perspective de lancer une consultation de type « *open season* ».

L'injection d'H₂ directement dans les réseaux gaziers a fait l'objet d'expérimentations par GRT Gaz, en Île-de-France via la plateforme de R&D, FenHYx, inaugurée en 2021.

3.3.7 L'existence d'un réseau de transport souterrain de produits pétroliers favorise le développement de projet de carburant de synthèse, utilisant de l'H₂

La Vallée de Seine est traversée par un réseau de canalisation de transport produits pétroliers pouvant transporter du carburant de synthèse (pipeline Le Havre-Paris). Il permet notamment de connecter les grandes raffineries (Le Havre, Rouen, Grandpuits³⁸) à des sites de consommations tels que les aéroports franciliens. Il connecte également d'autres villes au réseau, tels que Caen, Tours ou encore Orléans.

Ce réseau constitue un facteur d'attractivité pour des porteurs de projets de production d'H₂ et de carburant de synthèse. Les besoins en carburant de synthèse sont tels qu'ils nécessitent de nombreux projets de production d'H₂ et permettent ainsi de sécuriser des débouchés en attendant un développement plus massif des consommations d'H₂ pur, pour la mobilité par exemple ou pour contrebalancer la disparition de consommateurs d'H₂ matière.

3.3.8 La voie fluviale et ferroviaire

A date, de tels projets ne sont pas envisagés sur la Seine. Des solutions techniques existent et la Seine voit déjà circuler des matières dangereuses pour ravitailler en carburant certains sites industriels isolés ou stations.

Le transport par train peut être également envisagé techniquement. Les entretiens n'ont pas permis d'entrevoir de tels projets.

³⁸ La Bioraffinerie n'utilise pas le point d'injection de Grandpuits



Stockage

Aujourd'hui, l'hydrogène peut être stocké de 3 manières :

- au sol, dans des tubes trailer ou des réservoirs
- dans les canalisations de transports
- dans des sites de stockage géologique, pour les plus gros volumes

Les industriels consommateurs d'H₂ fossile disposent déjà de stockage d'H₂. La Vallée de Seine accueille de nombreuses industries recourant à l'hydrogène conventionnel dans leurs procédés, qu'il s'agisse de **raffinerie** ou de **production d'ammoniac**. Aussi ces sites disposent-ils déjà de capacité de stockage, qui peuvent être réemployés par la suite pour de l'hydrogène renouvelable ou bas carbone. Ces zones disposent par conséquent des autorisations pour accueillir du stockage H₂.

Il n'existe toutefois pas de site de stockage massif, géologique et mutualisé pour sécuriser l'approvisionnement en H₂ bas carbone. Avec le développement des besoins (cf. prospective), de tels sites, connectés à un moyen de transport par canalisation, confèreraient une sécurité d'approvisionnement supplémentaire pour les consommateurs, notamment dans les premières phases du déploiement de l'H₂ où des ruptures dans les procédés d'électrolyse pourraient apparaître. Un tel stockage permet également de limiter les importations en cas de pénurie et ainsi de renforcer la souveraineté énergétique nationale. Le stockage d'hydrogène, relié aux productions et bassins de consommation par des canalisations, a également pour bénéfice d'optimiser le réseau électrique en permettant un fonctionnement flexible des électrolyseurs³⁹. Ceci permet de lisser les consommations électriques et ainsi de limiter les appels de puissances et in fine, le recours à des énergies fossiles qui renforcent les émissions de GES du mix électrique. Les acteurs industriels n'envisageraient cependant une utilisation flexible des électrolyseurs, sous condition de faisabilité technico économique, qu'en présence de capacité de stockage massif⁴⁰.

En l'absence de cavités salines sur le territoire, l'hydrogène pourrait à terme être stocké dans des nappes aquifères⁴¹. Contrairement à d'autres bassins hydrogènes, sur l'axe méditerranée Rhône-Saône par exemple, la Vallée de Seine ne dispose pas de sites de stockage en cavités salines qui pourraient être converties pour stocker de l'hydrogène. Des alternatives de stockage existent, en milieu aquifère ou dans des gisements déplétés. La Vallée de Seine comprend des réservoirs aquifères utilisés pour stocker du biométhane notamment. Le stockage d'H₂ dans des réservoirs aquifères semble possible⁴² mais plus complexe que dans des cavités salines, il présente l'avantage de pouvoir stocker de plus grands volumes.

Le développement de tels stockages mettrait en 6 et 10 ans, nécessitant une forte anticipation des acteurs sur leurs besoins futurs.

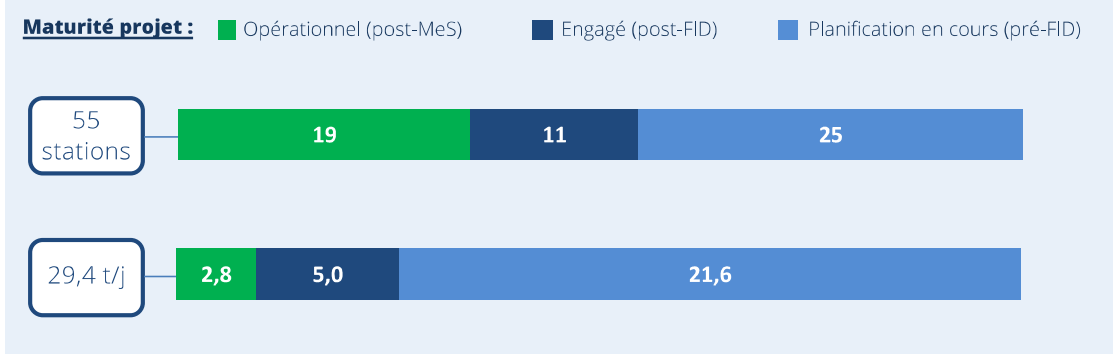
³⁹ Cf. étude RTE/GRT Gaz

⁴⁰ Source : échange RTE

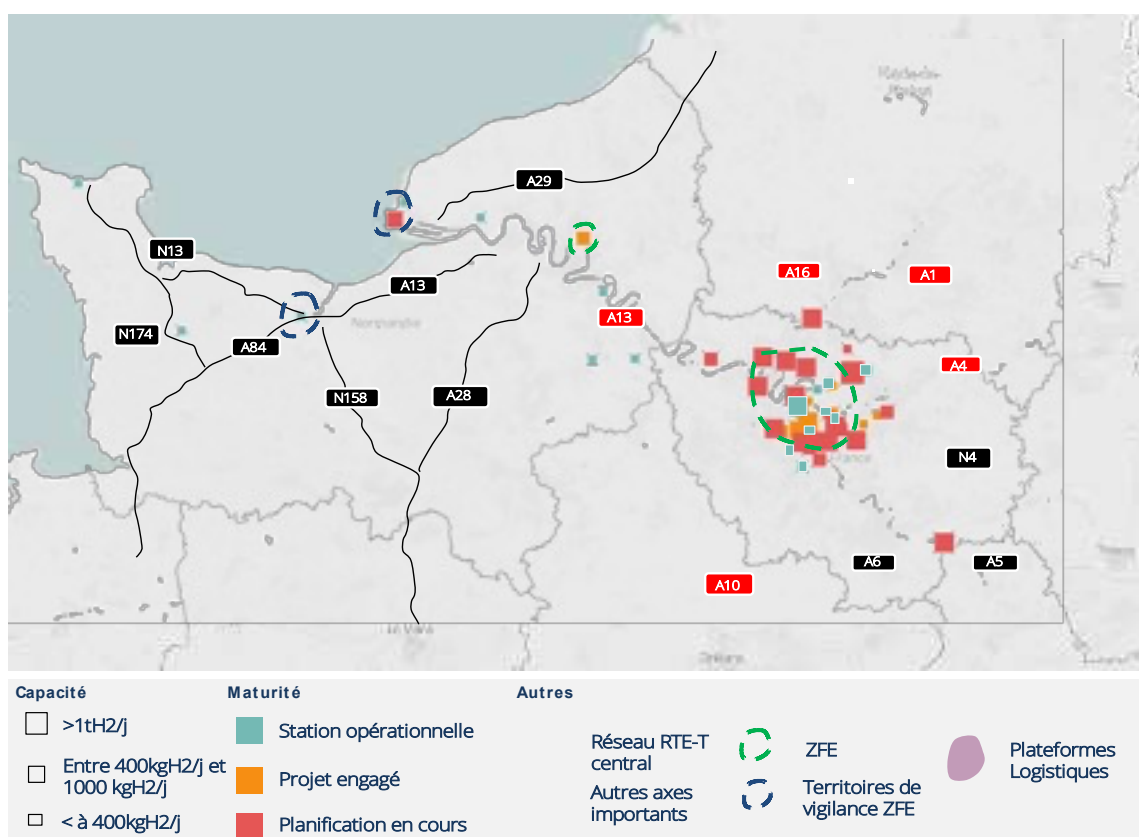
⁴¹ Source : entretien Storengy. Le stockage en nappe aquifère consiste à reconstituer l'équivalent géologique d'un gisement naturel, en injectant le gaz dans une couche souterraine de roche - en général perméable et poreuse - qui contenait de l'eau à l'origine, sans modification de l'architecture souterraine. Celle-ci est recouverte d'une couche imperméable afin de former une couverture étanche et d'assurer le confinement du gaz sous terre.

⁴² Le site de Beynes stockait ainsi du gaz de ville comprenant 40% d'H₂

Distribution



Synthèse des capacités de distribution en Vallée de Seine



Cartographie des projets de distribution à la maille Vallée de Seine

Le déploiement d'un réseau de stations de distribution de forte capacité est clé pour déverrouiller des usages de mobilités, à la fois terrestre, maritime et fluviale. Aussi, la mise à disposition d'un H₂ compétitif favorisant le déploiement d'usage implique :

- La proximité avec des sites de production de masse
- De grandes capacités de stockage et distribution
- Une redondance d'équipements ou de station en cas d'avarie
- Un maillage le long des principaux axes routiers pour accompagner les déplacements des utilisateurs
- Une diversité d'usage à adresser pour la station



La Vallée de Seine comprend une cinquantaine de station en projet ou déjà déployée soit plus de 29 tonnes/jour de capacité de distribution d'ici 2030, ce qui représenterait plus de 24 000 Véhicules Utilitaires Légers (VUL) ou plus de 2 100 poids lourds⁴³. Ce nombre d'une cinquantaine de stations à divers stades de réalisation, représente environ 20% du nombre de stations à destination des véhicules lourds et légers nécessaires en 2026 identifié par France Hydrogène et 5,5% à horizon 2030. 19 sont déjà déployées, pour une capacité théorique de 2,8 tonnes/jour. 10 de ces stations sont déployées en Normandie, à travers le réseau EAS-HyMob, qui présente de faible capacité (0,25 t/jour au total) et 9 en Île-de-France, pour (2,5 t/jour au total).

La dynamique de déploiement de station est particulièrement forte en Île-de-France, avec plus d'une vingtaine de stations en projet, dont près d'une dizaine ayant passé le stade de décision finale d'investissement. En Normandie, le nombre de nouvelles stations connues est limité (3 identifiées).

Il n'existe aujourd'hui toutefois pas d'un maillage interrégional en stations à date, permettant de couvrir des flux logistiques entre les deux régions. L'autoroute A13, principal axe connectant les deux régions, ne fait pas l'objet d'un schéma directeur de déploiement de stations, bien que des projets isolés soient localisés sur le trajet, mais pas nécessairement sur l'autoroute elle-même. Au global, on constate un déséquilibre entre les deux régions en termes de maillage, **alors que les flux de véhicules et notamment de poids lourds sont importants et devraient être amenés à croître** avec le développement de l'activité portuaire d'HAROPA.

Le concession et gestionnaire d'infrastructures autoroutières en Vallée de Seine, La Société des Autoroutes Paris-Normandie (SAPN) et la Société des Autoroutes du Nord et de l'Est de la France (SANEF) opèrent les autoroutes A1, A4 et A16 pour la SAPN et l'A13 et l'A14 pour la SANEF. 3 de ses axes autoroutiers sont des axes RTE-T (A4, A13 et A14) et devront disposer d'une station d'au moins 1 t/j tous les 200km selon le règlement AFIR. A date, le gestionnaire autoroutier ne dispose pas d'une vision claire sur le déploiement des nouvelles énergies pour la mobilité lourde et se focalise sur le développement de bornes de recharges électriques pour les véhicules légers. Le maillage devra s'appuyer sur le réseau de stations existant et en projet sur et proche des autoroutes et permettre d'atteindre a minima les objectifs nationaux posés par l'AFIR à horizon 2030.

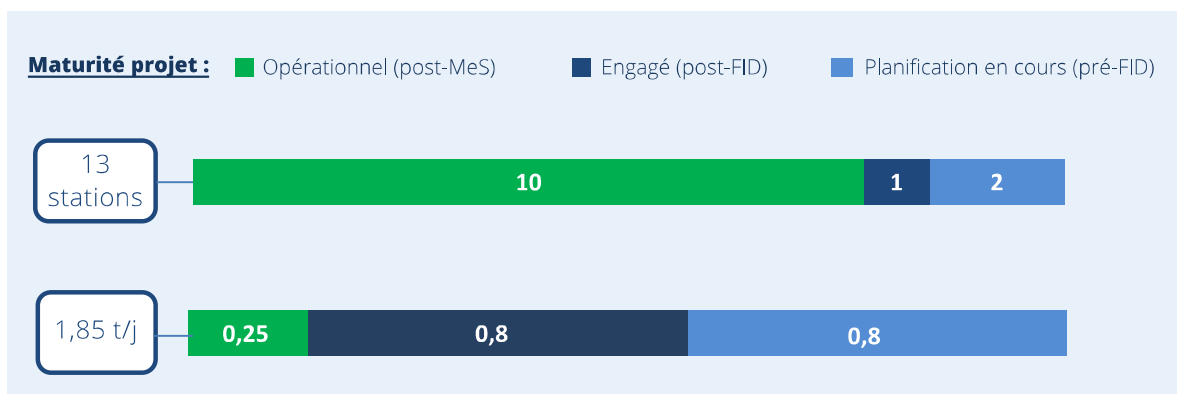
La présence de production massive et dans une moindre mesure, de futurs usages fluviaux, constitue un atout pour le développement d'un réseau de stations compétitif. Les deux régions bénéficient de production massive dont des capacités peuvent être dédiés à la mobilité si ces marchés venaient à se déployer plus rapidement⁴⁴. Par ailleurs, la Vallée de Seine présente une diversité d'usages autour de la mobilité portuaire, aéroportuaire et fluviale permettant de fournir des débouchés complémentaires aux réseaux de stations. VNF réfléchit d'ailleurs à un **schéma directeur d'avitaillement en carburants alternatifs du réseau fluvial** : les premiers usages fluviaux H₂ pourraient bénéficier des stations « terrestres » existantes dans un premier temps. Des stations en projet sur des fonciers mis à disposition par HAROPA prévoient d'ailleurs un avitaillement bord à quai des navires une fois les usages arrivés à maturité (à partir de 2035 selon VNF).

⁴³ Hypotheses VUL : 20 000km/an ; 2kgH₂/100km – Poids Lourds : 55 000km/an ; 9kgH₂/100km

⁴⁴ Certains porteurs de projets ont déjà dimensionné leurs projets pour anticiper la mise à disposition d'H₂ pour la mobilité (KerEAUZen par exemple)



3.4 Réseau de stations en Normandie



Synthèse des projets de stations normandes

Un des premiers réseaux de stations H₂ de France a été déployé en Normandie, avec 10 stations de petites capacités déployées sur le territoire et en partie opérationnelle. Le [réseau EAS-HyMob](#), bénéficiaire de fonds régionaux et européens, couvre une grande partie du territoire normand⁴⁵. Déployé à partir de 2015 et jusqu'en 2021, ces stations distribuent de 20 à 50 kg/jour. Le faible volume de distribution et le manque d'usages matures à proximité des localisations retenues impactent le modèle économique de ce réseau précurseur, conduisant à une fermeture de certains sites.

3 autres projets de station sont en cours, présentant des stations de plus grandes capacités, localisées dans des métropoles ou le long d'axes de communication majeurs. A Rouen, une station de 800 kg/jour doit être déployée en 2024 pour avitailler une flotte de bus H₂ de la Métropole de Rouen. Au Havre, un projet porté par la société Hynamics, [Le Havre H2 \(LH2\)](#) doit permettre d'adresser en 2026 des usages bus également, avec deux stations de 400 kg / jour, dont une déportée sur le port.

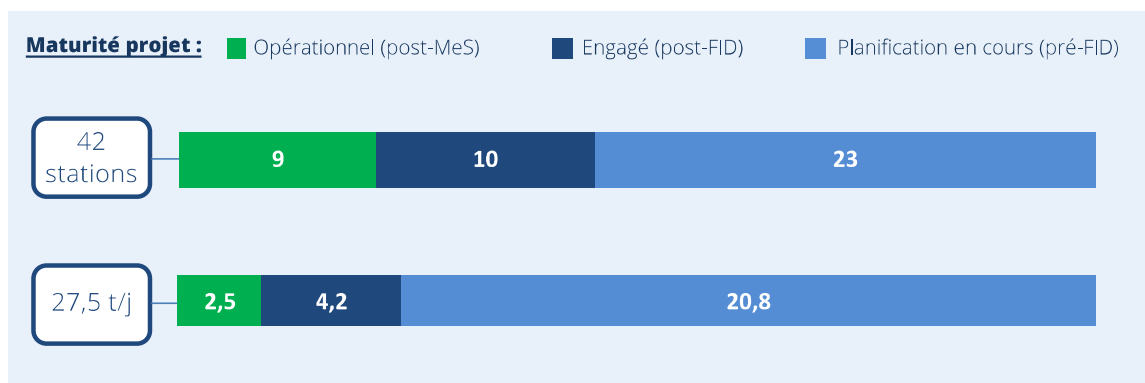
Les incertitudes sur l'avenir du réseau EAS-HyMob, combiné à la faible maturité des projets en cours pourraient limiter le maillage du territoire en station de distribution H₂.

⁴⁵ Bretteville sur Odon, Cherbourg, Douains, Evreux, Lillebonne, Octeville sur mer, Pont L'évêque, Rouen, Saint-Lô, Val de Reuil.



3.5 Réseau de stations en Île-de-France

Le développement des stations est très dynamique en Île-de-France, portés par de premiers usages en mobilité lourdes (car, bus, BOM, poids lourds) et légères (flotte de taxis, VUL).



Synthèse des projets de stations franciliennes

Une quarantaine de projets de stations de distribution sont prévus en Île-de-France pour répondre aux besoins futurs en mobilités. 9 stations sont déjà opérationnelles et distribuent plus de deux tonnes/jour. La plupart de ces stations alimentent les flottes de taxis déjà en activité et amenées à se développer pour les Jeux Olympiques. La mobilité légère – les flottes de taxi en particulier, avec une offre de véhicule disponible et déployée – a permis de faire émerger plusieurs réseaux de station en cours de développement : Hype (respectivement 11 projets) et Hysetco (respectivement 5 projets hors annonce partenariat avec Carrefour pour développer 5 nouvelles stations). D'autres projets répondent plus directement à des besoins de collectivités : BOM, Bus, Car, tel que Vallée Sud Grand Paris ou de logistique à Bussy Saint-Georges, positionné sur l'A4. Enfin, Engie et Air Liquide déploient des stations à proximité des espaces aéroportuaires pour décarboner les usages aéroportuaires en zone privée et publiques (navettes, mais aussi poids lourds des zones logistiques). A noter que les nouveaux projets portent sur des capacités plus importantes, de l'ordre de la tonne/jour. La forte dynamique de déploiement pose toutefois le risque de voir ces projets se concurrencer en cas de décalage dans le déploiement des usages de mobilité. Elle pose également la question du prix de l'H₂ pour la mobilité produit par des électrolyseurs de faible puissance.

A date, hors projet Grandpuits, les capacités de production francilienne s'élevant à 27,3 t/j apparaissent légèrement inférieures aux capacités de distributions anticipées de 27,5 t/j.



Usages

4. Mobilités routières

Le territoire de la Vallée de Seine comprend de nombreuses activités liées à la logistique et les flux de poids lourds devraient augmenter, sous l'effet notamment du développement de l'activité de conteneurs au Havre. Le Havre dispose d'une activité conteneurs importantes, générant d'importants flux le long de l'A13 vers le bassin de consommation francilien. Le territoire francilien est quant à lui, au regard des infrastructures autoroutières, traversés par des flux nord sud et est-ouest et comprend de multiples plateformes aéroportuaires et logistique, ainsi que le Marché International de Rungis. Dans les 2 régions composant la Vallée de Seine, les déplacements des transporteurs sont principalement réalisés au niveau régional : 2/3 des itinéraires sont des déplacements de moins de 120 km⁴⁶. Le transport routier devrait se développer le long de l'axe seine en raison du triplement de la capacité des terminaux conteneurs du Havre (projet MSC) qui augmentera le trafic fluvial, ferroviaire et routier⁴⁷.

La présence de 3 métropoles (Paris, Rouen, Le Havre) et la forte densité de population, notamment en Île-de-France, induit une offre de transports en commun riche, à la fois inter-urbains et intra-urbains. 38% des déplacements en Vallée de Seine se font via des transports en commun. Les véhicules personnels restent toutefois une solution importante de déplacement puisque 47% des déplacements domicile-travail sont réalisés en voiture⁴⁸.

Ces activités se reflètent dans la taille du parc immatriculé en Vallée de Seine, qui comprend environ 8M de véhicules en 2021, dont près de 130 000 véhicules lourds (poids-lourds, car, bus et autocars) et 1 millions de véhicules utilitaires légers. L'Île-de-France comprend environ les ¾ de ce parc.

Somme de Parc au 01/01/2021	Étiquettes de colonnes								
Étiquettes de lignes	Crit'air 1	Crit'air 2	Crit'air 3	Crit'air 4	Crit'air 5	Crit'air E	Inconnu	Non classée	Total général
■ Autobus et autocars	628	12 426	3 618	2 288	1 188	170	1	117	20 436
■ Île-de-France	627	10 719	2 918	1 545	687	161		80	16 739
■ Normandie	1	1 706	700	743	501	9	1	36	3 697
■ Autobus RATP	250	2 556	1 409	150	320	171		34	4 890
■ Île-de-France	250	2 556	1 409	150	320	171		34	4 890
■ PL	2 577	56 406	18 575	10 614	9 247	52	62	5 957	103 491
■ Île-de-France	2 420	36 786	13 097	7 430	5 993	51	32	3 093	68 903
■ Normandie	157	19 620	5 478	3 184	3 254	1	30	2 864	34 588
■ VP	2 102 325	2 667 091	1 733 291	538 841	118 330	59 362	542	234 157	7 453 940
■ Île-de-France	1 648 642	1 910 000	1 236 610	358 897	70 728	46 765	372	155 184	5 427 198
■ Normandie	453 684	757 091	496 681	179 945	47 602	12 597	170	78 972	2 026 741
■ VUL	30 145	608 186	185 224	95 183	31 545	14 004	128	36 816	1 001 230
■ Île-de-France	24 828	431 336	110 635	48 810	14 695	11 718	84	17 996	660 102
■ Normandie	5 317	176 850	74 589	46 373	16 849	2 285	44	18 820	341 129
Total général	2 135 926	3 346 665	1 942 117	647 076	160 630	73 759	733	277 081	8 583 987

Parc automobile en Vallée de Seine⁴⁹

La mobilité terrestre hydrogène constitue un levier de décarbonation d'une partie de ces usages, en particulier lorsque les solutions électriques batteries ne permettent pas de répondre aux contraintes opérationnelles des utilisateurs : autonomie, puissance... Des obstacles persistent sur le déploiement de la technologie H₂, tel que le surcoût, le manque de disponibilité de l'offre ou encore l'absence de recul sur leurs utilisations. Sur le segment des poids lourds par exemple, les membres de la FNTR considèrent la technologie H₂ comme prospective et freinée dans son développement par un coût prohibitif et une disponibilité de l'offre restreinte. Les solutions batteries apparaissent plus matures.

⁴⁶ Source : entretien FNTR

⁴⁷ Source : Haropa + <https://www.actu-transport-logistique.fr/journal-de-la-marine-marchande/port/investissement-de-mscil-au-havre-revu-a-la-hausse-780594.php>

⁴⁸ INSEE RP 2019

⁴⁹ Source : registre des immatriculations



Des réflexions sur la réduction des déplacements et de sobriété énergétique devront également rentrer en compte dans la décarbonation de la mobilité terrestre.

De premiers véhicules H₂ circulent déjà en Vallée de Seine et plusieurs projets de mobilité lourde et légère sont en cours de déploiement. En Île-de-France, plus 800 taxis H₂ et 7 bus à Versailles sont déjà en fonctionnement et, en Normandie, un premier bus rétrofité devrait circuler à partir de mars et pour une durée de 5 ans.

4.1 Normandie

La Normandie présente de nombreuses plateformes logistiques, principalement le long de l'axe Seine. La région est également traversée par plusieurs axes routiers dont l'axe A13 qui constitue un corridor RTE-T (Axe Atlantique et Méditerranée – Mer du nord) jusqu'au Havre.

La métropole Rouen-Normandie est devenue un « Territoire de vigilance » (officialisé le 19 mars 2023), et l'interdiction de l'accès aux véhicules Crit'Air 3 pour les poids lourds et les VUL a été levée.

Les projets de mobilité en Normandie se concentrent aujourd'hui sur la mobilité lourde et tout particulièrement les transports en communs (bus / car). Un premier déploiement de réseau de stations pour la mobilité légère a été préalablement expérimenté avec le réseau EAS-HyMob.

Parc		Usages identifiés et exemple de projet ⁵⁰
Poids lourds (y.c BOM)	34 588	Une trentaine de véhicules lourds prévus dans le cadre de projets confidentiels
Bus et car	3 697	Une trentaine de bus H ₂ sont prévus à Rouen (14 dont 1 opérationnel) – récemment un premier car rétrofité a été homologué et pourra lancer son activité sur le réseau Nomad entre Évreux et Rouen ⁵¹
Véhicules utilitaires légers	341 129	Quelques unités déployées dans le cadre du projet EAS-HyMob
Véhicules légers	2 026 741	-

4.2 Île-de-France

L'Île-de-France comprend de nombreuses plateformes logistiques, principalement en petite couronne, au sud et à l'est.

La région est également traversée par plusieurs axes routiers constitutifs d'un corridor RTE-T (Axe Atlantique et Méditerranée – Mer du nord) : A1, A4, A13, A10, N10, N104 notamment.

A date, une ZFE-m est en vigueur pour le Grand Paris, interdisant l'accès aux véhicules > Crit'Air 3 sur certaines plages horaires en fonction de la nature des véhicules.

Les projets franciliens de mobilité adressent toutes les mobilités terrestres, lourdes ou légères, avec de nombreux véhicules commandés. On note notamment un déploiement de plusieurs centaines de véhicules légers, qui offre de la visibilité à la filière et illustre le caractère concret et opérationnel des

⁵⁰ Usages associés aux projets recensés, communiqués officiellement : ce nombre de véhicules pouvant varier selon l'avancement des projets et la disponibilité de l'offre, les chiffres indiqués ont vocation à présenter des ordres de grandeurs

⁵¹ <https://www.normandie.fr/sites/default/files/2024-02/communique-transdev-car-H2.pdf>



solutions H₂. Ces véhicules légers permettent également de tester les infrastructures H₂ et de soutenir le déploiement de premières productions locales.

Parc		Usages identifiés et exemple de projet ⁵²	
Poids lourds (y.c BOM)	68 903	39 PL 27 BOM	H2 Seine Vitry Vallée Sud Grand Paris (BOM)
Bus et car	21 629	57 Bus	Bus H ₂ Versailles Vallée Sud Grand Paris
VUL	660 102	300	H2ByCOL (intégré au projet Archypel) H2 Créteil
Véhicule léger	5 427 198	800	Plus de 800 taxis H ₂ circulent actuellement en IDF

5. Autres mobilités terrestres

5.1 Les lignes ferroviaires

Un potentiel de développement existe en Normandie pour le trafic voyageur.

En Île-de-France, **seule une ligne de train voyageur** n'est aujourd'hui pas électrifiée, en Seine et Marne, reliant Meaux à La Ferté-Milon (072). Des lignes de fret non électrifiées, traversent également l'Île-de-France.

En Normandie, en revanche, 4 lignes simples de fret ne sont aujourd'hui pas électrifiées : 358, 330, 342 et 356, localisées en Seine Maritime et dans l'Eure. Concernant les lignes mixtes, près d'une dizaine n'est aujourd'hui pas électrifiée : 325, 350, 359, 372, 379, 395, 430, 405, 430, 415.

La pertinence de l'H₂ pour ces lignes dépend d'analyses spécifiques à chaque ligne : volumes de passagers, présence d'ouvrage d'art, etc. Des pilotes sont en cours dans 4 autres régions, et devront faire l'objet d'un déploiement et de retours d'expérience. La stratégie nationale hydrogène révisée souligne néanmoins la pertinence de l'H₂ pour le ferroviaire.

Des lignes privées existent et certains développeurs de projet envisagent d'adresser ce type d'usages.

5.2 La manutention portuaire et aéroportuaire

Les réflexions sur les usages H₂ autour de la manutention portuaire sont encore peu développées en Vallée de Seine. Les ports d'HAROPA et Ports de Normandie rassemblent des usages autour de la manutention portuaires : grues, *reach staker*, *fork lifter*, *yard tractor* etc. Des pilotes sont en cours dans plusieurs ports européens⁵³ pour tester la pertinence de solutions hydrogène, dont l'autonomie permet de répondre à des contraintes de fonctionnement dans les ports, telle la continuité de service pour décharger ou charger rapidement un navire. Les acteurs portuaires rencontrés n'ont pas lancé d'études dédiées à la décarbonation de ces usages, pour lesquelles ces solutions sont encore peu connues des acteurs et l'offre peu mature.

Sur les plateformes aéroportuaires en revanche, des projets sont en cours pour couvrir les besoins des flottes de véhicules opérant sur et à proximité des aéroports franciliens. ADP estime ainsi avoir des besoins d'ici 2030 d'H₂ gazeux (environ 10-20 tonnes/jour). Il s'agira, au-delà de l'alimentation des

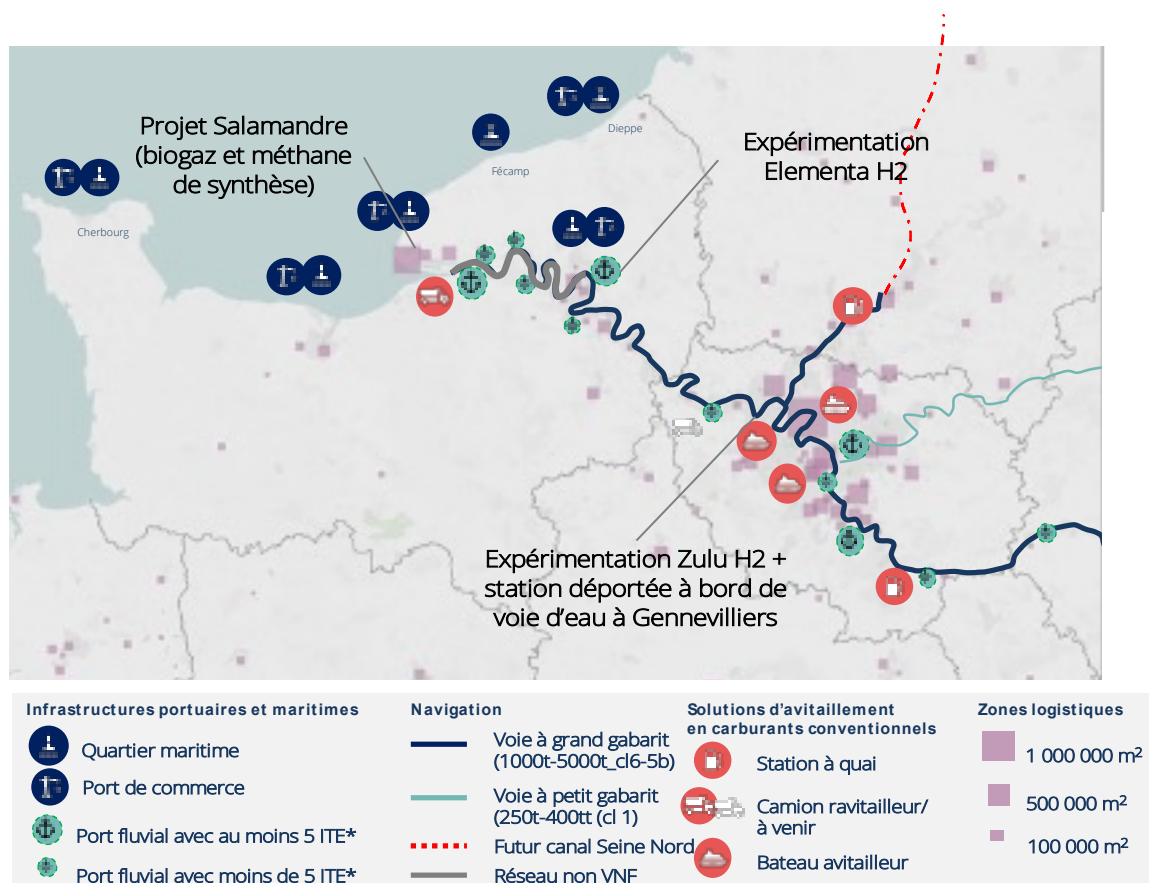
⁵² Usages associés aux projets recensés, communiqués officiellement : ce nombre de véhicules pouvant varier selon l'avancement des projets et la disponibilité de l'offre, les chiffres indiqués ont vocation à présenter des ordres de grandeurs

⁵³ Rotterdam, Valence, Anvers par exemple



flottes de taxis ou de navettes, de ravitailler des engins spécifiques en opération sur la zone aéroportuaire (navette de passagers par ex.). Un partenariat avec Engie prévoit ainsi la mise à disposition d'une station à Roissy et une station multi énergies d'Air Liquide devrait alimenter les besoins à Orly.

6. Mobilités fluviales et maritimes



Carte des infrastructures maritimes et portuaires

6.1 Fluvial

La Vallée de Seine comprend un parc d'environ 700 bateaux⁵⁴ et pour lequel des études et pilotes sont en cours pour déterminer le(s) carburant(s) alternatif(s) adéquat(s). Le secteur du transport fluvial de marchandise et de passagers est également amené à se décarboner. Les possibilités de décarbonation sont multiples (hydrogène, HVO⁵⁵, électricité, GNL, etc.) et complexifiée par les hybridations entre ces solutions. Pour éclairer les acteurs, les études AviCafe/Fluent ont permis d'élaborer plusieurs scénarios de décarbonation du secteur fluvial. Hormis le scénario, peu probable, dans lequel les bateaux accéderaient aux biocarburants (très demandés par ailleurs, notamment dans le secteur aérien), l'hydrogène, en usage direct ou via ses dérivés⁵⁶, ressort comme une voie clé pour réduire les émissions de ces bateaux.

⁵⁴ Barges, pousseurs, péniche Freycinet, bateau de croisière fluvial ...

⁵⁵ HVO : Hydrotreated Vegetable Oil (huile végétale hydrotraitée)

⁵⁶ E-méthanol principalement



2 grands projets H₂ sont aujourd'hui en cours pour tester l'usage de l'H₂ en propulsion et en système de rechargement électrique. Une expérimentation est menée, avec la construction de la *barge Zulu 6 de Sogestran*, dotée d'une pile à combustible pour son système de propulsion. Le bateau, réalisé par Piriou, devrait opérer sa navigation à partir du port de Gennevilliers en zone urbaine, au deuxième trimestre 2024. VNF estime le point de bascule sur des solutions H₂ pourrait survenir vers 2035, après les premières expérimentations et retours d'expérience. Un prototype de barge de recharge H₂, *Elementa*, est également en expérimentation pour un déploiement prévu en 2026. Le projet consiste à positionner une pile à combustible de forte puissance (1,5 MW) sur une barge d'une cinquantaine de mètres, afin d'avitailer des tankers stationnant dans le port de Rouen, en attendant l'électrification à quai. Ce prototype pourrait par la suite être répliqué et servir de station mobile pour les besoins de rechargement en électricité sur les fleuves ou en mer.

Le rythme de conversion des bateaux H₂ sera néanmoins long, au regard des durées de vie des motorisations et des capacités de construction et de retrofit le long de l'axe seine. La durée de vie d'une barge est de 60 ans, conduisant à une mise à jour progressive du parc. La filière économique de réparation et construction de bateaux fluviaux s'est progressivement affaiblie ces dernières années, si bien que les capacités sur l'axe seine sont limitées, de l'ordre de 10 navires par an. Ceci implique que la transition sera assurée en dehors de l'axe seine, limitant les impacts bénéfiques pour l'emploi de cette filière pour le territoire.

6.2 Projets et perspectives de développement de l'H₂ dans les ports

Le territoire de la Vallée de Seine comprend 4 ports maritimes de commerce⁵⁷ et plusieurs ports de plaisance et de pêche pour lesquels des usages pourraient à terme se développer pour le soutage de navire à partir d'H₂ ou utiliser de l'hydrogène pour la recharge des auxiliaires.

L'activité de soutage est aujourd'hui peu développée au Havre et HAROPA souhaite la renforcer en se positionnant sur les carburants alternatifs, comme le biogaz et les méthanes de synthèse. Dans un premier temps, une usine de production de biogaz et méthane de synthèse, *Salamandre*, à vocation à réduire les émissions des porte-conteneurs au GNL de CMA-CGM, assurant des liaisons maritimes depuis le Havre. Ce projet s'inscrit dans les principes de la feuille de route de décarbonation du secteur maritime qui pose comme ambition de relocaliser une partie du soutage des navires dans les ports français en profitant de l'opportunité offerte par les carburants de synthèse. La stratégie de l'OMI encourage également les navires à souter dans les ports où ils transitent. L'H₂ est également envisagé comme une modalité d'électrification des quais, alternative à l'électrification directe : au lieu de raccorder le quai au réseau électrique, une pile à combustible mobile, positionnée sur le quai ou sur une barge, permet d'alimenter en électricité le navire. Cette solution permet une plus grande flexibilité par rapport aux recharges « fixes » et peut être moins coûteuse et plus rapide lorsque de nombreux réseaux électriques doivent être configurés en même temps. A date, les perspectives de déployer plusieurs infrastructures de soutage pour différents carburants alternatifs paraît complexe au regard des disponibilités foncières, des coûts et contraintes de sûreté. Il est ainsi probable que les ports se spécialisent. Dans tous les cas, l'hydrogène constitue une molécule de base pour les e-carburants⁵⁸ du secteur maritime.

Concernant les ports de Normandie, l'activité de soutage y est aujourd'hui limitée aux navires captifs (navires de servitude par exemple) et les réflexions sur les carburants alternatifs sont encore peu

⁵⁷ Le Havre, Cherbourg, Ouistreham, Dieppe

⁵⁸ E-méthane, e-méthanol, e-ammoniac



développées. Ces sites pourraient à terme, bénéficier des productions des zones industrielles de Rouen ou du Havre (H₂, e-carburants) ou d'une production mutualisée avec les usages terrestres extra-portuaires localisés à proximité pour souter les navires captifs, qui représentent généralement des consommations insuffisantes à elles seules pour justifier le déploiement d'infrastructures dédiées.

7. Mobilité aérienne

La Vallée de Seine comprend les principales plateformes aéroportuaires françaises avec Roissy Charles de Gaulle et Orly. Celles-ci représentent environ 50% du trafic métropolitain⁵⁹ et 80% des consommations de carburant, avec plus 7 millions de m³ par an ⁶⁰. Caen, avec près de 300 000 passagers par an (<1% du trafic des plateforme francilienne), constitue le plus important aéroport normand, suivi des aéroports de proximité de Rouen (entre 15-20 000 PAX), le Havre Octeville (<10 000 PAX), Cherbourg Manche (< 5000 PAX).

Le secteur du transport aérien doit atteindre des objectifs ambitieux de réduction des émissions, notamment à travers le texte Refuel EU⁶¹. A date 2 carburants alternatifs sont envisagés pour réduire les émissions du secteur aérien : l'hydrogène direct sous forme gazeuse ou liquide, et les carburants d'aviation durable (CAD), qui nécessitent de l'hydrogène renouvelable ou bas carbone pour leur production, soit pour la désulfuration des CAD biologiques, soit directement comme intrant pour les e-CAD⁶².

Concernant les CAD, ADP envisage à partir de 2025, des volumes de plusieurs centaines de tonnes par an, en progression constante avec les objectifs d'incorporation de RefuelEU. Ces CAD seraient principalement transportés par pipeline par le réseau TRAPIL depuis des sites de production en Vallée de Seine. Les CAD représentent 70 à 80% des besoins en termes de volume dans la stratégie de décarbonation des aéroports franciliens.

ADP envisage l'utilisation d'H₂ sous forme gazeuse pour l'aviation générale ou régionale, principalement à partir du Bourget et des petits aérodromes, réalisée par remplissage direct. Les plannings et besoins sont en cours de définition avec les constructeurs.

L'H₂ liquide serait destiné à des avions de plus grande taille sur le territoire francilien, en *swapping*⁶³ ou en remplissage direct. Des réflexions sont en cours chez ADP pour accueillir ces deux types d'avions et la logistique associée, en lien avec les principaux constructeurs.

Des infrastructures sont également en réflexions pour permettre le déploiement des solutions H₂, concernant la distribution, le stockage, mais également la production sur site.

⁵⁹ <https://www.aeroport.fr/uploads/documents/resultats-activite-aeroports-francais-2022.pdf>

⁶⁰ Source : entretien ADP

⁶¹ Cf. note sur la réglementation

⁶² Selon différentes proportions en fonction du procédé de fabrication

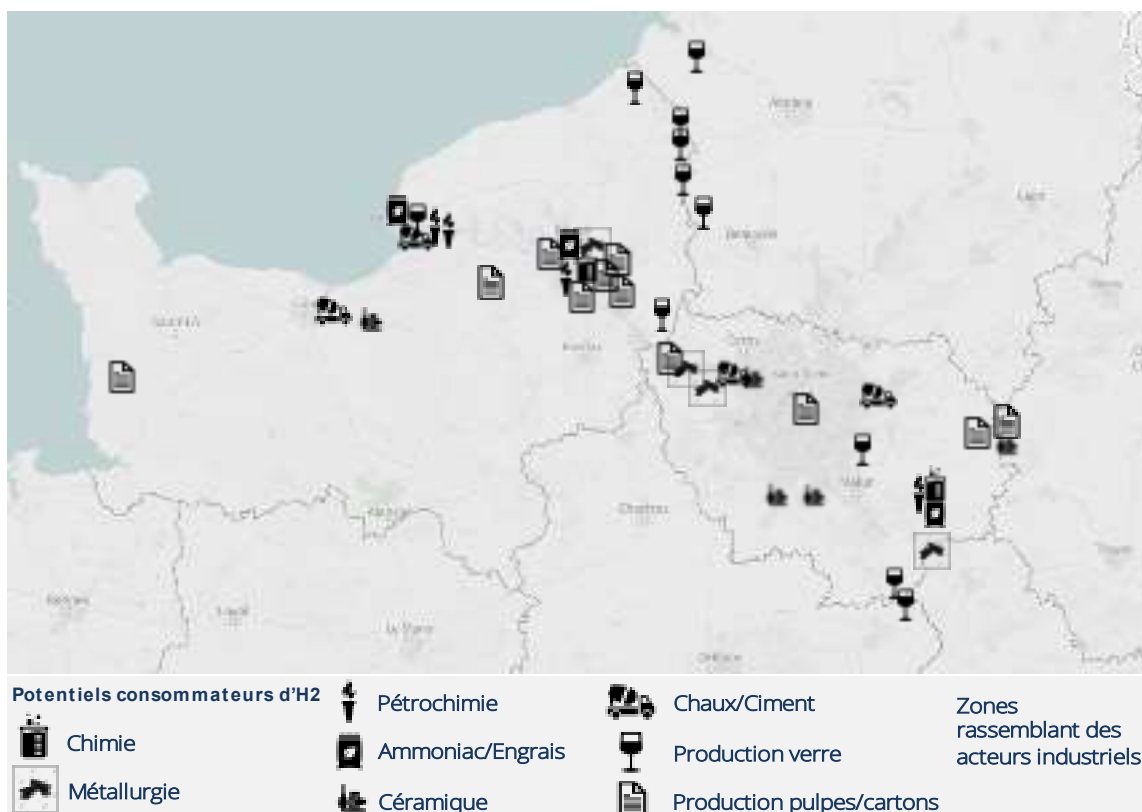
⁶³ C'est-à-dire la substitution d'un réservoir par un autre

8. Usages industriels

8.1 Cartographie des sites industriels émetteurs et des projets de conversion à l'H₂

La Vallée de Seine présente plusieurs zones industrielles, autour du Havre, de Rouen, ainsi qu'en Seine et Marne, à proximité de Grandpuits notamment. Elle regroupe différents secteurs d'activité, particulièrement émetteurs avec notamment la production d'ammoniac, la pétrochimie, la chimie, la verrerie, l'aciérie ainsi que la production de ciment et de papier.

L'H₂ renouvelable et bas carbone constitue un levier de décarbonation de ces activités industrielles, en substitution à l'H₂ conventionnel, comme nouvel intrant et comme source de chaleur haute température, lorsque l'électrification n'est pas pertinente pour des raisons de faisabilité technique ou économique. L'hydrogène est utilisé comme matière dans plusieurs procédés comme la production d'ammoniac, dans la pétrochimie, ou encore la métallurgie. L'hydrogène est également un intrant indispensable à la production de carburant d'aviation durable (CAD) et de certains e-carburant pour le maritime (e-ammoniac, e-méthanol). Dans la production d'acier ou de ciment, l'H₂ peut également permettre de réduire les émissions. Enfin l'hydrogène peut être utilisé en combustion, dans des fours industriels par exemple (en mélange avec du méthane) afin de réduire les émissions et les incertitudes économiques et géopolitique autour de la consommation de gaz, dans des procédés comme la verrerie ou la papeterie.



Cartographie des acteurs industriels par secteur sur la Vallée de Seine

8.2 Ammoniac

La Vallée de Seine comprend 3 des 4 sites de production d'ammoniac français. Le site de Yara est localisé à Gonfreville, dans la zone industrielle du Havre pour une production d'environ 200 kt/an



d'ammoniac. **LAT Nitrogen** (ex. Boréalys) dispose d'un site de production localisé à **Grand Quevilly** ainsi qu'à **Grandpuits**, produisant environ 280 kt/an d'ammoniac par site. Classés parmi les 50 plus grands émetteurs de CO₂, ces 3 sites doivent faire l'objet d'un plan de décarbonation.

Les perspectives de production d'ammoniac sont plutôt baissières en raison d'une compétition internationale forte et de la transition potentielle vers une agriculture plus raisonnée⁶⁴. L'activité ammoniac pourrait à terme bénéficier du **développement de l'e-ammoniac comme carburant alternatif pour le secteur maritime**, lorsque le coût de l'H₂ le permettra et l'utilisation de cette molécule comme carburant alternatif se confirme. Toutefois, des possibilités de fermeture / délocalisation de ces sites doivent être envisagées.

Les deux acteurs priorisent aujourd'hui la capture et le stockage de CO₂ (CCS) dans leur stratégie de décarbonation. La substitution de l'hydrogène fossile par de l'hydrogène renouvelable et bas carbone constituerait une étape ultérieure, lorsque les conditions technico-économiques seront plus favorables. Aujourd'hui, selon LAT Nitrogen et Yara, il faudrait en effet un prix de l'H₂ renouvelable et bas carbone autour de 2-3€ du kilo, en prenant en compte une augmentation du prix de l'H₂ conventionnel sous l'effet des taxes carbone, pour maintenir la compétitivité des sites.

Yara a déjà initié plusieurs projets pour renforcer l'efficacité énergétique du site et participe au projet de caroduc vers le Havre destiné à enfouir en mer du Nord le CO₂ capturé. L'entreprise estime qu'une décarbonation partielle de sa production d'hydrogène pourrait être réalisée (15-20%), en complément, autour de 2030. La substitution d'une part plus importante, supposerait des modifications d'ampleurs sur l'installation, puisque les SMR sont directement intégrés dans les processus industriels et la chaîne de production (cogénération de vapeur notamment).

LAT Nitrogen privilégie également le CCS pour ses deux sites et les perspectives de décarbonation de l'hydrogène sont plus lointaine pour les sites de la Vallée de Seine. L'hydrogène est néanmoins prévu comme levier de décarbonation à moyen terme, et un projet est en cours sur le site d'Ottmarsheim en Grand-Est, pour substituer par de l'H₂ électrolytique, 15% de la consommation totale du site. Selon les retours d'expérience et l'évolution du prix de l'H₂, ce projet pourrait être répliqué.

8.3 Pétrochimie

2 raffineries sont recensées sur le territoire et une bioraffinerie est en construction à Grandpuits. Ces acteurs consomment traditionnellement de l'H₂ conventionnel pour désulfurer les hydrocarbures. **La demande d'H₂ devrait toutefois se réduire en lien avec la baisse de la demande de pétrole, en particulier après 2030. En France, le raffinage devrait constituer près d'un tiers de la demande d'H₂ en 2030 avant d'être divisée par 2 entre 2030 et 2040 et de poursuivre sa baisse à horizon 2050⁶⁵.** Cette baisse pourrait cependant être compensée par la production de carburants de synthèse si ces industriels se repositionnent sur cette activité.

TotalEnergies a déjà engagé une démarche de réduction des émissions de CO₂ du site de la bioraffinerie de Grandpuits grâce à la mise en place d'un système de capture du CO₂ sur le SMR visant à réduire les émissions de CO₂ et à l'alimentation du SMR par du biogaz (20 000 tonnes d'H₂ produits). TotalEnergies dispose également de la Raffinerie de Normandie, située à **Gonfreville**. TotalEnergies et sa raffinerie de Normandie, font partie du consortium ECO2Normandy comprenant Air Liquide,

⁶⁴ Cf. Plan de transition sectoriel de l'ammoniac

⁶⁵ RTE, Futurs énergétiques 2050, 2022



ExxonMobil (Esso SAF), LAT Nitrogen, Yara et Haropa pour le captage de CO₂ sur les sites havrais. En septembre 2023, TotalEnergies et Air Liquide ont acté un partenariat visant à acheminer la moitié de la production du projet Normand'hy vers la Raffinerie de Normandie et qui devrait permettre de décarboner 10% de la consommation totale en hydrogène du site normand. Le site utiliserait donc encore 90% d'hydrogène fossile, dont une partie pourrait par la suite faire l'objet de captation et séquestration de CO₂ pour en réduire les émissions. En complément de ces initiatives, l'entreprise a lancé en septembre 2023 un appel d'offre, en cours de dépouillement, pour la fourniture de 500 000 tonnes d'H₂ « vert » destinés à 6 raffineries européennes, dont la Raffinerie de Normandie.

TotalEnergies indique investir dans ses 2 raffineries de la Vallée de Seine pour adapter ses outils industriels à la demande, notamment en CAD. La raffinerie de Gonfreville est capable de produire des CAD par coprocessing⁶⁶. La bioraffinerie de Grandpuits sera quant à elle capable de produire jusqu'à 400 kt/an de produits biosourcés dont 210 kt/an de bio-CAD en 2025 et 285 kt/an à horizon 2027.

La technologie de CCS semble aujourd'hui privilégiée pour le site de raffinage ESSO/ExxonMobil de Gravanchon, dans le cadre du projet ZIBAC⁶⁷. Par ailleurs, l'entreprise a annoncé en avril 2024 une baisse substantielle de son activité pour le site de Gravanchon.

8.4 Fer/acier

3 sites de production de fer et acier sont localisés en Île-de-France, et détenus par le groupe RIVA : 2 dans les Yvelines (78) et en Seine et Marne (77). Pour la SAM de Montereau, l'H₂ a été envisagé comme une des solutions pour réduire les émissions liées à la combustion de gaz des fours de réchauffage⁶⁸ mais des études complémentaires doivent être menées.

8.5 Industrie diffuse

Certains procédés industriels thermiques nécessitant des fours et des chaudières (chauffage de liquide ou gaz) présentent des faibles potentiels d'électrification notamment pour des raisons de contraintes opérationnelles. La pénétration maximale des solutions électriques en 2035 pour le chauffage des fluides à des températures supérieures à 150°C et pour les fours de 400 à 1000°C a été évaluée à respectivement 20% et 10%⁶⁹.

Le secteur de la verrerie est particulièrement développé en Vallée de Seine, avec des opportunités de décarbonation de la chaleur via l'H₂. La Glass Vallée, sur la partie normande⁷⁰, regroupe plusieurs dizaines d'industriels et, en Seine et Marne, 2 grands sites de production de Verre (Corning et Keraglass) sont localisés. A date l'H₂ est considéré comme une solution techniquement faisable pour des verriers rencontrés, mais trop onéreuse : une cible de 2,5-3€ le kilo serait nécessaire pour garantir l'équilibre du modèle économique. Le modèle privilégié par ces acteurs est une électrification partielle, complétée par de la combustion de gaz « vert » : biométhane ou hydrogène. L'hydrogène permet de récupérer l'oxygène mais les producteurs approchés présentent aujourd'hui des solutions trop coûteuses et surtout sur des engagements trop longs (>5-10 ans) pour le secteur. Dans le cadre de leurs réflexions, les verriers privilégient la localisation d'une production sur site pour capter l'O₂ et limiter le coût de logistique. Les acteurs sont en attente d'une finalisation de la réglementation⁷¹

⁶⁶ Injection de produits biosourcés provenant de graisses animales dans des charges fossiles

⁶⁷ <https://energyfactor.exxonmobil.eu/fr/science-technology/reduction-des-emissions-locales/>

⁶⁸ Etude d'opportunité sur le développement de l'H₂ en Seine et Marne, Conseil Départemental de Seine et Marne, 2023

⁶⁹ Etude Alliance Alice sur le potentiel d'intégration des gaz décarbonés dans l'industrie (2022)

⁷⁰ Par Exemple SGDGroup, Verescence, Nipro, Holophane, Zignago, Pochet du Courval

⁷¹ Paquet marché du gaz et de l'hydrogène (inclus dans « Fit for 55 »)



concernant le biogaz pour valider leur choix technique. Un acteur souhaite recourir à l'H₂ pour de la coupure du verre, pour des volumes limités.

D'autres secteurs industriels potentiellement consommateurs d'H₂ sont présents et pourraient bénéficier de projet de production à proximité :

- Pulpes/papier/carton : 9 sites ayant déclaré des émissions de CO₂ en 2019
- Chaux-ciment : 4 sites ayant déclaré des émissions de CO₂ en 2019
- Céramiques : 3 sites ayant déclaré des émissions de CO₂ en 2019

9. Analyse écosystémique

A date, 2 grands écosystèmes semblent se dégager et un écosystème moins mature pourrait émerger. Une dynamique hydrogène pourrait également émerger à terme autour de la Glass Vallée, à cheval entre la Vallée de Seine et les Hauts-de-France, mais les entretiens n'ont pas permis de recenser de projet mature à date.

9.1 Basse Seine

9.1.1 Description

Localisé entre le **Rouen et Le Havre**, cet écosystème orienté industries comprend des productions d'H₂ conventionnel à destination de 2 raffineries et de 2 sites de production d'ammoniac.

4 grands projets de production d'H₂ bas carbone sont en cours de déploiement à horizon 2030 dont un ayant passé le cap de la décision finale d'investissement. Des procédés de captage de CO₂ doivent également permettre de réduire l'empreinte carbone d'au moins 1 vaporeformeur sur site. Le caractère industriel de la zone et l'utilisation d'H₂ conventionnel facilite le déploiement de projets H₂ renouvelable en termes d'autorisations et d'infrastructures. Le réseau électrique normand est en cours de renforcement et doit permettre l'intégration de ces projets.

La zone comporte déjà une canalisation de transport d'H₂ du réseau Air Liquide entre Port Jérôme et le Havre, ainsi que des espaces de stockage des industries consommatrices. **Le réseau de transport de produit pétrolier (TRAPIL)** permettrait de transporter la production de 2 projets de production d'e-carburants jusqu'en Île-de-France.

Le réseau de distribution y est pour l'instant limité : 5 stations⁷² de première génération (EAS-HyMob, pour la mobilité légère) sont opérationnelles mais de faible capacité et 3 projets de station de plus forte capacité sont en cours de déploiement au Havre et à Rouen.

Concernant les usages, la raffinerie normande de TotalEnergies ainsi que d'ammoniac de Yara prévoient de décarboner leur consommation d'H₂ conventionnel pour réduire une partie de leurs émissions, bien que tous ne soient pas engagés fermement avec un producteur d'H₂ renouvelable et bas carbone. 2 projets ont vocation à produire des e-carburant d'aviation durable pour les plateformes aéroportuaires franciliennes, dans un premier temps à partir du CO₂ émis par les industries avoisinantes et la Raffinerie de Normandie se positionne sur la production de bio-carburant d'aviation durable. Cette possibilité de produire des e-carburants permet de dérisquer les consommations industrielles d'activités fragiles telle la production d'ammoniac ou en déclin (raffineries pour la production de carburants fossiles) pour les acteurs en mesure de se positionner.

⁷² Rouen, Évreux, Douains, Val-de-Reuil et Lillebonne



Les usages mobilités sont pour l'instant limités à quelques bus, mais la zone dispose d'un potentiel de développement important : pour le fret routier à partir des ports du Havre et de Rouen à horizon 2030 et dans des temporalités post 2035 pour les usages fluviaux hydrogène. Post 2035 également, la consommation d'hydrogène et/ou de ses dérivés pour le maritime pourrait également se développer, selon le positionnement des principaux ports normands sur le soutage de carburants alternatifs.

9.1.2 Intégration plus large dans la dynamique H₂ de la Vallée de Seine

La dynamique propre de l'écosystème consistant à décarboner les consommateurs d'H₂ conventionnel est renforcée par la présence du réseau TRAPIL, qui permet de diversifier les débouchés de l'H₂ en produisant du CAD pour les aéroports franciliens pour les acteurs en capacité de se positionner sur ce type de production.

Le développement des productions de masse vise tout d'abord les consommateurs industriels d'hydrogène matière (raffineries, production de e-carburants, ammoniac...). Ces productions massives pourront dans un second temps alimenter les usages mobilités lorsqu'elles seront suffisamment développées. La perspective d'alimenter les besoins H₂ en mobilité en Île-de-France varie selon les projets.

L'absence de visibilité sur le déploiement du projet de canalisation H₂ prévu par GRT ou d'autres solutions logistiques compétitives reliant le bassin normand à l'Île-de-France et la dorsale européenne de l'hydrogène peut constituer un frein au passage à l'échelle. **D'une part le potentiel de consommation des industriels est limité, d'autre part ces consommations industrielles pourraient diminuer, voire disparaître.** Une canalisation H₂ permettrait de diversifier les utilisateurs potentiels et de limiter les risques liés à la santé économique de leurs principaux consommateurs industriels.

La production de volumes importants permet d'envisager des coûts de l'H₂ bas, ce qui pourrait faciliter l'adoption d'usages mobilités pour l'instant limités dans la zone et au-delà. De petits écosystèmes portuaires pourraient, à terme, bénéficier de ces productions, à Ouistreham ou Dieppe par exemple.

9.2 Zone dense francilienne et aéroports

9.2.1 Description

Le centre de l'Île-de-France, composé de Paris, sa petite couronne et des 3 grands aéroports franciliens, se caractérise par des besoins H₂ potentiels importants pour la mobilité routière et aérienne. De nombreux véhicules légers sont en circulation et un dense maillage en stations est en cours pour répondre aux besoins anticipés de mobilité. Au-delà des mobilités routières, la présence des 3 aéroports franciliens induit des besoins importants en H₂ gazeux puis liquide (pour les usages au sol et l'aérien), ainsi qu'en carburant d'aviation durable.

La production est aujourd'hui assurée par près d'une vingtaine de projets de production/distribution, principalement pour la mobilité routières et aéroportuaires. Pour répondre aux besoins plus importants pour l'aviation, des réflexions sont en cours sur les infrastructures de production près des aéroports ou d'import d'H₂ pur ou de CAD. Le territoire, particulièrement urbanisé, présente un foncier et des capacités électriques limitées pour des productions d'H₂ renouvelable et bas carbone de grandes envergures.



Les infrastructures se limitent aujourd'hui au réseau TRAPIL pour le transport de CAD et l'écosystème ne dispose pas d'infrastructures de stockage et de transport d'H₂ renouvelable et bas carbone.

En termes de distribution, 55 projets, assurant à horizon une capacité de 29,4 t/j, permettrait d'alimenter l'équivalent de plus 2100 poids lourds⁷³. Ce maillage permettrait à la fois d'assurer les flux internes à la région mais également les flux traversants le territoire.

Les usages sont pour l'instant majoritairement tournés vers la mobilité aérienne, aéroportuaire et routière légère et lourde. Concernant la mobilité aérienne, les besoins estimés par ADP s'élèvent à près de 30 t/j pour le gazeux d'ici 2040, 10 t/j en 2030, 40 t/j post 2040 et 1,05 kt/j post 2050 pour le liquide et 70 à 80% des volumes pour le CAD à terme. Pour les usages aéroportuaires, près de 4-5 tonnes/jour d'H₂ gazeux sont envisagés à date et d'ici 2030. L'écosystème se caractérise également par une prépondérance des mobilités routières légères avec plus de 800 taxis H₂ présents sur le territoire. Des projets sont également en déploiement pour des Bus, BOM, poids lourds et cars. Enfin, à partir de 2035, des usages fluviaux devraient également émerger.

9.2.1 Intégration plus large dans la dynamique H₂ de la Vallée de Seine

Les usages dépasseront vraisemblablement les capacités de production sur site, limitées à la fois par les capacités foncières (disponibilité et prix) et électriques⁷⁴. Des voies d'importations, à la fois d'hydrogène et de CAD depuis d'autres territoires sont donc à envisager, qu'il s'agisse de la Seine et Marne ou de la Basse Seine. Dans ce dernier cas, un hydrogénéduct, complémentaire au réseau TRAPIL, pourrait constituer une solution d'avitaillement depuis les sites de production massive de la Basse Seine et offrir des débouchés complémentaires aux projets de cette zone.

⁷³ Hypotheses Poids Lourds : 55 000km/an ; 9kgH₂/100km

⁷⁴ A confirmer par la prospective



9.3 Seine et Marne⁷⁵ (écosystème potentiel)

9.3.1 Description

Cet écosystème, principalement industriel, comprend deux sites de production d'H₂ à destination d'une raffinerie et d'un site de production d'ammoniac. La zone comprend également plusieurs industriels potentiellement consommateurs d'H₂, qu'il s'agisse de verriers ou encore de producteurs d'acier. Le département comprend également plusieurs friches industrielles⁷⁶. Les besoins en mobilités sont moindres, même si quelques axes clés sont localisés à proximité du territoire (A4, A5, A16, N4).

Une production d'H₂ renouvelable sera assurée à la Raffinerie de Grandpuits, à travers un procédé de vaporeformage recourant à 100% de biogaz et un système de CCS. La production est principalement destinée à la production de biocarburant (dont du bio kérosène).

L'écosystème est relié au réseau TRAPIL, ce qui permet théoriquement d'exporter vers les aéroports franciliens les carburants de synthèse, bien que ce tronçon soit aujourd'hui inactif. Le territoire ne bénéficie pour l'instant pas de réseau H₂, ni de capacité de stockage à l'avenir.

Une station de distribution est envisagée à date (>1tonne/jour⁷⁷).

Les usages seraient principalement industriels et pour l'instant au stade de la réflexion : décarbonation de la production d'ammoniac de LAT Nitrogen, potentiels utilisations d'H₂ pour les fours des verreries Keraglass et Corning.

9.3.2 Intégration plus large dans la dynamique H₂ de la Vallée de Seine

Le lancement de projets complémentaires de décarbonation de l'H₂ pourrait permettre d'utiliser les sites industriels pour produire de manière plus massive de l'H₂ dont une partie pourrait être utilisée à destination de l'écosystème « zone dense francilienne et aéroports ».

⁷⁵ Hors zone dense francilienne

⁷⁶ Cartographie Céréma

⁷⁷ La station de Bussy Saint Georges 800 kg/j et le 2 stations HysetCo en partenariat avec Carrefour sont ici considérées comme rattachées à l'écosystème zone dense francilienne



Synthèse SWOT (Strengths, Weaknesses, Opportunities, Threats) de la Vallée de Seine

Forces	Faiblesses
<ul style="list-style-type: none"> Des consommations industrielles (raffinerie, ammoniac) et en mobilité aériennes importantes en mesure d'attirer et sécuriser de premiers projets H₂ bas carbone sur le territoire Des zones industrio-portuaires disposant des infrastructures nécessaires à la production et au stockage d'hydrogène Un réseau TRAPIL permettant d'acheminer des e-carburants produits à base d'H₂ vers les aéroports franciliens et de diversifier les usages des projets normands Des projets précurseurs et des usages déployés, illustrant le caractère à la fois innovant et opérationnel des solutions H₂ (rétrofit, stations, véhicules légers, barges H₂ ...) Une diversité d'usages H₂ avec un potentiel important : industrie, mobilité terrestre, aérienne, maritime et fluviale Un soutien financier aux premiers projets et coordination entre acteurs publics et privés Présence de fournisseurs de solutions H₂ sur toute la chaîne de valeur ainsi que des centres de R&D de rayonnement national, voire international Capacité ENR et nucléaire et le renforcement progressif du réseau électrique normand 	<ul style="list-style-type: none"> Des réseaux et une capacité électriques limités en Île-de-France limitant les projets de production Des fonciers disponibles limités, particulièrement dans la partie francilienne Des projets d'infrastructure de transport et de stockage d'H₂ reliant les écosystèmes de la Vallée de Seine entre eux et à terme avec le reste de la dorsale européenne de l'hydrogène, moins avancés que dans d'autres régions (PACA, Grand Est par ex.). Un manque de logistique pour transporter de l'H₂ normand vers l'Île-de-France
Opportunités	Menaces
<ul style="list-style-type: none"> Développement de production centralisée et semi-centralisée en Normandie à destination des besoins normands et franciliens, si une logistique pertinente peut être mise en place 4 ZFE ou territoires de vigilances qui pourraient favoriser le déploiement de mobilité H₂ Quelques fonciers encore disponibles le long de l'axe Seine pour accueillir des productions d'H₂ Un déploiement envisagé d'usages fluviaux H₂ à partir de 2035 qui pourraient diversifier les utilisations des stations Des flux logistiques amenés à se développer (nouveau terminal porte conteneur au Havre, ouverture canal Seine-Nord en 2035, développement du report modal) renforçant les besoins de solutions bas carbone le long de l'axe (routier, fluvial) Le poids de 2 Régions pour soutenir des projets bénéficiant à l'ensemble de la Vallée de Seine Un projet de canalisation H₂ dans le plan de développement de GRT gaz, le long de l'axe Seine 	<ul style="list-style-type: none"> Compétitivité à long terme de l'H₂ produit par les premiers projets de production décentralisée Un retard dans le déploiement des usages mobilités pouvant pénaliser les écosystèmes mobilités Fermeture des sites industriels consommateurs d'H₂ matière (ammoniac), déclin des consommations des raffinerie, pouvant fragiliser les producteurs d'H₂ Un retard dans le déploiement des infrastructures de transport d'hydrogène limitant la massification des productions normandes, fautes de débouchés facilement accessible en dehors de l'écosystème Basse Seine. Positionnement d'HAROPA sur le soutage de carburants alternatifs ne requérant pas d'hydrogène (GNL par ex.) Manque de CO₂ pour produire des carburants de synthèse post 2040 ?



Annexes

1. Diagramme SWOT Île-de-France

Forces	Faiblesses
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Un contexte particulièrement favorable au déploiement de solutions bas carbone avec une ZFE ▪ Des premiers usages mobilités déployés, illustrant le caractère opérationnel des solutions H₂ ▪ Des premiers projets de station opérationnels et un réseau dense annoncé, pouvant encourager les utilisateurs à adopter des solutions H₂ et les constructeurs à concentrer leur production sur le territoire ▪ Des flux de personnes et marchandises importants pouvant susciter des besoins fort d'H₂ pour la mobilité ▪ Des usages sur les plateformes aéroportuaires, à la fois dans l'aérien et dans le terrestre, qui peuvent mobiliser des productions importantes et/ou des infrastructures utiles au reste de l'écosystème ▪ Une diversité d'usages mobilité : terrestre, aérienne et potentiellement fluvial ▪ Un soutien financier aux premiers projets (Région IDF, ADEME) et coordination entre acteurs publics et privés, notamment à travers le club H₂ IDF ▪ Présence de fournisseurs de solutions H₂ sur toute la chaîne de valeur en IDF ainsi que des centres de R&D de rayonnement national, voire international ▪ Un réseau TRAPIL permettant aussi d'acheminer des e-carburants jusqu'aux aéroports franciliens 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Report des ambitions de la ZFE, décalant de fait les transitions prévues des acteurs (PL, logistique urbaine par exemple) ▪ Peu d'usages industriels mature à date, en dehors de la bioraffinerie de Grandpuits pouvant justifier une production centralisée dont bénéficierait la mobilité – des usages potentiels existent mais avec des stratégies de décarbonation encore peu claires ▪ Un manque de foncier disponible, ce qui limite le nombre et le dimensionnement des projets d'infrastructures et renforce la concurrence entre projet ▪ Un réseau et une production électrique pouvant limiter le déploiement de projets d'envergure ▪ Des coûts de l'H₂ importants pour les premières productions locales, ce qui peut décourager /décaler l'adoption d'usages H₂ ▪ Absence de projets concrets d'infrastructure H₂ de transport H₂ ou de stockage
Opportunités	Menaces
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Possibilité technique d'importer de l'H₂ par la voie fluviale, depuis la Normandie voir au-delà, en attendant la mise en place de canalisation de transport H₂ ▪ Des sites de production massive d'H₂ en Normandie, permettant d'envisager à terme de production de masse, si des infrastructures sont mises en place ▪ Un déploiement envisagé d'usages fluviaux H₂ à partir de 2035 qui pourraient diversifier les utilisations des stations ▪ Des possibilités de ramp up pour certaines stations de production permettant de s'adapter à l'évolution des besoins ▪ Des flux logistiques amenés à se développer (nouveau terminal porte conteneur au Havre, ouverture canal Seine-Nord en 2035, développement du report modal) ▪ Présence de corridor RTE facilitant l'accès à des financements européens ▪ Un projet de canalisation H₂ dans le plan de développement de GRT gaz, le long de l'axe Seine 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Une production décentralisée qui pourrait fournir un hydrogène peu compétitif à terme ▪ Un retard dans le déploiement des usages mobilités pouvant générer des fermetures de stations ou l'abandon de projets



2. Diagramme SWOT Normandie

Forces	Faiblesses
<ul style="list-style-type: none"> Des territoires attractifs pour des projets H₂ bas carbone et renouvelable de grande capacité, rassemblant des consommateurs d'H₂ conventionnel, des infrastructures (stockage, canalisation, électricité) et du foncier Des consommations industrielles importantes qui peuvent justifier le déploiement d'infrastructure Un excédent de production d'électricité, largement décarbonée ainsi que des projets de renforcement du réseau électrique pour favoriser l'électrification des usages et des ressources en eau Une proximité géographique et un réseau de transport de carburant (TRAPIL) permettant de développer des projets de CAD, offrant un complément d'usage aux projets H₂. Des projets innovants tel que le 1er maillage de stations de station EAS-HyMob, le premier bus rétrofité ou encore une barge de recharge électrique H₂ Un tissu d'entreprise d'ingénierie, de sous-traitance / compétences pour soutenir le déploiement des projets (pôle Ariane Group par exemple) Un soutien politique régional pour le développement de l'H₂ renouvelable et bas carbone Coordination entre acteurs publics / privés, et entre état et région 	<ul style="list-style-type: none"> Espace foncier contraint, entraînant une forte compétition entre projet (ZAN not.) Un réseau EAS-HyMob sur les axes RTE-T (core et comprehensive network) mais doté de faible capacité pour adresser de la mobilité lourde Un maillage en station globalement limité au regard du territoire et avec peu de corridor RTE-T (core network) en dehors de la portion A13 le long de l'axe Seine Une dynamique H₂ peu développée en dehors de la Seine Maritime Un manque de visibilité sur la canalisation d'H₂ annoncée vers le backbone européen, limitant le marché aux acteurs situés sur les plateformes industrielles et à proximité avec un impact sur le dimensionnement du projet et son dérisquage. Absence de possibilités de stockage géologique de fortes capacités dans le territoire normand Des actions déployées sur la formation, qui restent à renforcer
Opportunités	Menaces
<ul style="list-style-type: none"> Un port maritime en mesure d'apporter des débouchés aux productions d'hydrogène pour le soutage des navires en carburants alternatifs ou en électricité produite par une PAC, et des usages fluviaux qui pourraient émerger vers 2035 Possibilité technique d'exporter de l'H₂ par la voie fluviale, vers l'Île-de-France voir au-delà, en attendant la mise en place de canalisation de transport H₂ Des besoins importants en hydrogène et en CAD sur les aéroports franciliens, pouvant être produits en Normandie si les infrastructures le permettent Des échanges avec des régions voisines pour porter des initiatives de niveau suprarégionale et attirer projets et financements Développement de nouvelles capacités électriques d'éolien offshore en Normandie et à terme, de nouveaux EPR Loi sur l'industrie verte qui pourra faciliter le déploiement de projets industriels Un projet de canalisation H₂ dans le plan de développement de GRT gaz, le long de l'axe Seine 	<ul style="list-style-type: none"> Concurrence forte des ports du BENELUX en tant que Hub H₂ Activités industrielles potentiellement baissières (ammoniac, raffinage, ...) Retard dans le déploiement des projets avec des tensions sur les ressources et compétence communes aux différents projets énergétiques (électrolyses, EPR, etc.) Capacité à former suffisamment de ressources (problématique identifiée par la région) pour mettre en place les projets Retard dans le déploiement de puissances électrique additionnelle pouvant pénaliser le déploiement des projets déjà engagés A plus long terme, impact des importations d'H₂ sur les productions locales



3. Aides régionales en Île-de-France pour l'H₂

	Porteur	Dispositif	CP
H ₂ Île-de-France	H ₂ Créteil	AAP H ₂	Juil-20
2020 – Hype 600	Hysetco	AAP H ₂ 2 stations prod/distri 2 stations distri	Oct-20
Last Mhyle	Last Mile	AAP H ₂ 14 stations prod/distri 3 distri	Oct-20
FenHYx	GRTGaz	AMI filière H ₂ Plateforme essai	Oct-20
FilIndrive	FilIndrive	AMI filière H ₂ Développement de solutions digitales	Juil-21
Préfiguration filière gaz et H ₂ renouvelable	SDESM	Aides aux études	Nov-21
TinHy	EnHYwhere	AMI filière H ₂ 2 prototypes stations prod/distri	Mai-22
H24FP	Hysetco	AAP H ₂ 2 stations prod/distri 4 stations distri	Mai-22
Vallée Sud Hydrogène	Vallée Sud Hydrogène	AAP H ₂ 1 station prod/distri 1 station distri	Nov-22
Hy_6	Hynamics	AAP H ₂ 1 station prod/distri	Nov-22
IdHYfix	ENGIE	AAP H ₂ 1 station prod/distri 1 station distri	Nov-22
Hyllabé	Hyliko	AMI filière H ₂ 1 station distri	Nov-23
EoDev		Grands projets de R&D Intervention de la SEM	Mars-23
Île-de-France Mobilités	Versailles Grand Parc	7 bus	/
Hylight		Innov'up leader PIA	23
HyCargo		Innov'up	23
Total voté de plus de 21 millions d'euros			