



Délégation interministérielle
au développement
de la vallée de la Seine

Novembre 2024

Régions Normandie et Île-de-France, DIDVS

Étude opérationnelle interrégionale pour le développement
d'écosystèmes hydrogène renouvelable et bas carbone en
Vallée de Seine

Schéma directeur d'infrastructures

Table des matières

Table des matières	1
Synthèse.....	3
Contexte et objectif du document.....	4
Définition, méthodologie et limites.....	5
1. Définition/ lexique	5
2. Méthodologie.....	5
3. Principales limites de l'étude.....	6
Territorialisation et analyse d'écart.....	7
1. Territorialisation des besoins en H2	7
2. Analyse d'écart à 2030 et 2035	10
Infrastructures nécessaires.....	13
1. Hypothèses sur les infrastructures	13
2. Analyse du besoin en production	17
3. Analyse du besoin en infrastructures de transport et de stockage	20
4. Analyse du besoin en infrastructures de distribution toutes mobilités confondues	22
5. Analyse du besoin en usages.....	28
Coût du schéma directeur	28
Bénéfices sociaux-environnementaux.....	30
1. Réduction des émissions	30
2. Emploi.....	31
Feuille de route de déploiement des infrastructures	32
Mise en œuvre du schéma directeur d'infrastructure	33
1. Actions des Régions et de l'Etat.....	33
2. Modalités d'appropriation de l'étude par les acteurs de la chaîne de valeur de l'hydrogène.....	33
Annexes.....	37
1. Schéma des voies de synthèse des e-carburants.....	37
2. Volumes de l'analyse d'écart offre / demande	37
3. Estimation de la consommation électrique des productions supplémentaires du schéma directeur	38
4. Cartographies des infrastructures de distribution à développer à 2030.....	39
5. Cartographies des infrastructures de distribution à développer à 2035.....	41
6. Calendrier indicatif du développement d'un projet de production H ₂	41
7. Calendrier indicatif du rythme de déploiement des infrastructures (2025-2035)	43
8. Volumes des consommations prospectives par territoire et usages à 2030.....	44

9.	Volumes des consommations prospectives par territoire et usages à 2035.....	45
10.	Cartographie indicative des infrastructures de production à développer à 2035.....	46
11.	Cartographie du réseau de transport électrique en Vallée de Seine.....	47

Synthèse

La Vallée de Seine constitue un territoire clé pour le développement de l'hydrogène renouvelable et bas carbone. L'état des lieux illustre la dynamique en cours dans les 2 régions avec de nombreux projets de production, de transport, de distribution et des premières infrastructures et usages déployés. L'étude prospective sur la demande potentielle dans la mobilité et l'industrie à horizon 2030, 2035 et 2040, met en évidence un fort potentiel d'usages (mobilité routière, industrie, carburant d'aviation durable notamment).

Le schéma directeur a vocation à donner des orientations sur les infrastructures à mettre en place en Vallée de Seine pour déverrouiller le potentiel d'usages identifié. Afin de déterminer le nombre et la localisation des sites de production et de distribution nécessaires à l'émergence des usages, les consommations tirées de la prospective ont été territorialisées par département et une analyse d'écart avec les projets d'infrastructures en cours a été réalisée à horizon 2030 et 2035.

Concernant la production d'hydrogène, si tous les projets en cours se réalisaient dans les délais communiqués par les porteurs de projets, il **manquerait à 2035 environ 218 kt d'H₂** en Vallée de Seine, dont environ la moitié serait à destination de la production de carburants alternatifs – cf. lexique. La production de ce volume d'H₂ nécessiterait environ 1,5 GW d'électrolyse supplémentaire, pour un facteur de charge des électrolyseurs d'environ 92%, soit l'équivalent de 8 projets Normand'hy (200 MW chacun). **Il est proposé que seule une partie de cette production soit réalisée en Vallée de Seine** à cet horizon de temps. En effet, la production en Vallée de Seine de l'ensemble des besoins (1,5 GW) semblerait complexe au regard des disponibilités en foncier, en électricité (production et réseau) et en eau, et des calendriers de déploiement de ces projets. Le solde pourrait alors provenir de régions limitrophes, voire d'importations par voie maritime. Le schéma directeur envisage donc **520 MW de capacité de production supplémentaire soient installés en Normandie et en Île-de-France à 2035**, ce qui permettrait de répondre, avec le volume de production des projets déjà lancés, à environ 60% de la demande potentielle totale en Vallée de Seine sur cette période. Il s'agirait de déployer **8 nouveaux projets de production à horizon 2035** : 1 dédié à la production d'e-carburants en Normandie, 1 autre dédié à l'industrie (pétrochimie principalement) en Normandie également et 6 autres orientés principalement vers les mobilités terrestres, répartis sur la Vallée de Seine.

Une canalisation de transport longue distance d'hydrogène, entre la Normandie et l'Île-de-France puis au-delà, serait pertinente pour accélérer la dynamique H₂ à long terme, à la fois pour dérisquer les projets industriels de production d'H₂ (ammoniac et raffinerie), attirer de nouveaux projets et pour anticiper des besoins plus importants d'H₂ pour la mobilité routière et aérienne (H₂ direct et autres e-CAD) en Île-de-France sur le long terme.

Concernant la distribution, environ 120 stations supplémentaires seraient nécessaires à 2035 si la mobilité routière H₂ se développe selon le scénario prospectif retenu (40 stations supplémentaires à construire d'ici 2030 et 78 à construire entre 2030 et 2035), avec des stations d'a minima 1t/jour de distribution.

Le coût du déploiement de ce schéma directeur est estimé à environ 2,45 milliards € en CAPEX. Le schéma directeur pourrait contribuer à la création d'environ 1300 emplois directs (ETP) et à réduire les émissions annuelles de CO₂ d'environ 2,5% à l'échelle de la Vallée de Seine en 2035.

Une feuille de route indicative de mise en œuvre des infrastructures prévues dans le cadre du schéma directeur a été proposée et implique un rythme de déploiement de projet soutenu dans les

prochaines années. Les Régions et l'État ont initié un plan d'action, à affiner par la suite, pour soutenir sa mise en œuvre.

Mise à jour du 18/11/2024 concernant les projets H2 au Havre

Deux grands projets H2 ont été annoncés le 07/11/2024 dans la zone industrialo-portuaire du Havre et devraient être **mis en service aux alentours de 2030** :

- **Un projet d'import d'H2 renouvelable porté par Air Products.** L'hydrogène proviendra d'Arabie Saoudite et sera importé sous forme d'e-ammoniac. L'ammoniac sera converti en H2 sur un site havrais. L'H2 sera transporté par canalisation et part tube trailer d'H2 liquide vers des consommateurs industriels (raffinerie de Total Energies) et pour la mobilité ;
- **Un projet (« Methavert ») de production d'H2 porté par Qair et destiné à la production d'e-methanol.** Un électrolyseur permettra de produire l'hydrogène nécessaire à la fabrication de 200 000 tonnes d'e-methanol pour le du secteur des transports (maritime notamment) et de l'industrie.

Ces projets, annoncés à la fin de l'étude, n'ont pas été intégrés dans les travaux. Ils s'inscrivent toutefois dans la trajectoire proposée dans le cadre du schéma directeur qui prévoit notamment un nouveau projet de production d'H2 destiné aux e-carburants au Havre ainsi qu'une part d'H2 importé.

Contexte et objectif du document

L'objectif de ce document est de proposer un schéma directeur de déploiement des infrastructures de production et distribution d'hydrogène au sein de la Vallée de Seine, à la fois au global et par région. Ce schéma directeur doit favoriser un passage à l'échelle de la dynamique hydrogène sur le territoire en mettant en place les infrastructures nécessaires au développement du potentiel d'usage du territoire.

Ce schéma directeur des infrastructures fait suite aux travaux précédents d'état des lieux en Vallée de Seine, ainsi qu'à l'exercice prospectif d'estimation des volumes de consommations d'hydrogène pour le scénario retenu par les Régions et l'État. Les résultats de ces travaux ont servi d'intrants pour la réalisation du schéma directeur.

Ce schéma directeur inclut un chiffrage du scénario retenu de déploiement des infrastructures, une feuille de route de développement ainsi que modalités d'appropriation de l'étude par les acteurs de la filière.

Définition, méthodologie et limites

1. Définition/ lexique

Appellation/Abréviation	Définition
e-carburants	Electro-carburants (<i>e-fuels</i> en anglais) ; carburants d'origine non biologique, strictement électro-sourcés. Produits notamment à partir d'électricité comme énergie primaire. Les e-carburants peuvent être utilisés dans le transport aérien et maritime notamment. Ces carburants sont produits à partir d'H ₂ et de CO ₂ ou d'azote (N ₂), selon différents procédés. Ex : e-kérosène ; e-méthanol ; e-méthane; e-ammoniac, H ₂ électrolytique
e-carburant d'aviation durable (e-CAD)	Electro-carburants d'aviation durable (en anglais <i>e-SAF</i>) ; carburants faisant partie de la famille des e-carburants et à destination du transport aérien. Ces carburants sont produits à partir des matières premières que sont l'H ₂ et de CO ₂ , selon différents procédés. Ex : e-kérosène ; H ₂ (gazeux ou liquide)...
Bio-carburants	Carburants d'origine biologique produits à partir de biomasse comme matière primaire
Bio-e-carburants	Carburants d'origine biologique produits à partir de biomasse comme matière primaire. Une certaine charge de matière électro-sourcés peut également être incorporée de manière minoritaire. Le processus de désulfuration du carburants peut également être réalisé à partir d'H ₂ d'origine électrolytique
LH ₂ (Liquid Hydrogen)	Hydrogène liquéfié. L'hydrogène est liquide à -253°C à pression atmosphérique. Sa densité dans ces conditions de température et pression est de 70kg/m ³ , soit environ 2 à 3 fois plus dense que les solutions de stockage compressé. Cette solution liquide est donc envisagée pour des usages lourds (aviation, maritime, poids-lourds etc.) et pour la logistique de transport de l'hydrogène.
GES	Gaz à effet de serre. Les gaz à effet de serre sont exprimés en CO ₂ équivalent afin d'harmoniser l'unité du pouvoir réchauffant. Ex : CO ₂ , CH ₄ , NO ₂ ...

2. Méthodologie

La construction du schéma directeur d'infrastructures a été réalisée **selon 5 grandes étapes**.

A noter que dans ce schéma, **il n'a été considéré que les consommations d'H₂ renouvelable et bas carbone**. De plus, seul le moyen de production par voie électrolytique a été étudié.

Dans un premier temps, une estimation des consommations prospectives d'H₂ renouvelable et bas-carbone a été élaborée à partir du scénario retenu par les Régions et l'État. Ces volumes de consommations, excluant les consommations d'H₂ produit à partir de ressources fossiles, aux horizons 2030, 2035 et 2040 permettent d'appréhender les volumes en fonction des secteurs d'usages et des évolutions prévues par les réglementations et les conjonctures économiques et stratégiques. Ces estimations ont pu être mises au regard des volumes de productions existants ou prévus à date de l'état des lieux (février 2024) afin d'appréhender les écarts à horizon 2030 et 2035.

Dans un second temps, ces consommations prospectives ont été territorialisées – c'est-à-dire rapportées à la maille départementale à 2030 et 2035, pour celles pouvant l'être, afin de répartir les volumes et mieux appréhender les infrastructures à déployer pour répondre aux besoins locaux anticipés : sites de production et sites de distribution.

Un scénario de déploiement des infrastructures de production et distribution a été ensuite élaboré en prenant en compte une logique de faisabilité temporelle ainsi que la disponibilité des ressources foncières, électriques et hydriques, sur la base des éléments connus. Ce scénario de déploiement a fait l'objet d'une feuille de route.

Ce scénario a, par la suite, fait l'objet d'une évaluation macro portant sur les coûts de déploiement, l'impact sur les émissions de CO₂ et l'emploi.

Un atelier a été organisé autour de ces résultats, regroupant les acteurs régionaux et de l'État, afin d'élaborer un plan d'action soutenant le déploiement de ce schéma directeur.

3. Principales limites de l'étude

L'étude du maillage en infrastructures de production et distribution repose notamment sur la vision de l'état des lieux des projets existants ou en cours datant de février 2024. Les projets ont depuis pu évoluer dans leur temporalité, leur maturité, leur dimensionnement, des projets additionnels ont également pu émerger.

Le maillage repose également sur un exercice de prospective des futures consommations en hydrogène, réalisé au printemps 2024. Ces travaux prospectifs sur la période 2030-2035 reflètent l'état des connaissances, des réglementations et des engagements des acteurs à un instant t. Les résultats peuvent faire l'objet de fortes variations selon, notamment, l'évolution de certaines politiques publiques telles que la révision de la stratégie nationale hydrogène ou du positionnement d'un acteur sur l'utilisation de l'hydrogène (par exemple, un acteur de la pétrochimie ou de l'ammoniac). Le changement de certains paramètres de la prospective (nombre de véhicules disponibles à horizon 2030 par exemple) peut donc conduire à faire évoluer substantiellement le besoin en infrastructure de production ou de distribution.

Enfin, l'étude des disponibilités foncières exactes, de la capacité du réseau électrique et les ressources en eau a été réalisée en chambre et n'a pas fait l'objet d'entretiens spécifiques auprès des acteurs concernés en Vallée de Seine.

Par conséquent, le schéma directeur a vocation à donner des orientations sur les infrastructures à mettre en place en Vallée de Seine pour déverrouiller le potentiel d'usages et ne constitue pas en tant que tel un exercice détaillé de planification.

Territorialisation et analyse d'écart

1. Territorialisation des besoins en H2

Afin d'estimer la répartition des volumes de consommations d'H₂ entre les territoires constituant la Vallée de Seine, une méthodologie de territorialisation de la demande anticipée à la maille départementale a été adoptée. Les volumes estimés de consommation sont nets, c'est-à-dire qu'ils ne prennent pas en compte une éventuelle couverture par des productions actuelles, le but étant dans un premier temps de connaître les consommations totales, puis dans l'analyse des écarts, de les mettre au regard des productions prévues. Les volumes ont été territorialisés par segments d'usages pour mieux appréhender les consommations selon les débouchés de l'hydrogène et ainsi construire efficacement le maillage en infrastructures pour répondre aux besoins spécifiques des territoires.

Cette territorialisation a fait l'objet de méthodes adaptées aux différents segments d'usages. Certains usages prospectifs ne peuvent cependant pas être rattachés à un territoire et sont considérés comme « non-territorialisables ».

Les cartographies ci-dessous illustrent les volumes de demande potentielle en H₂ pour les différents départements à la suite de l'exercice de territorialisation. Afin de simplifier la lecture des cartes, les usages ont été regroupés en 2 familles : la mobilité (transport terrestre, maritime et H₂ direct pour l'aviation et les engins aéroportuaires, compris dans la catégorie transport terrestre¹) et l'industrie (ammoniac, raffinerie, industrie diffuse et production d'e-carburants). Certaines consommations prospectives ne peuvent toutefois pas être clairement rattachées à un territoire. La majeure partie des volumes de la demande non territorialisée correspond aux segments des productions des e-carburants et notamment des e-carburants d'aviation durable (e-CAD). En effet les e-carburants peuvent être également produits en dehors de la Vallée de Seine, et donc de fait leurs consommations d'H₂ liées, puis être acheminés pour des usages locaux comme notamment les aéroports franciliens.

Le détail des volumes de consommations d'H₂ territorialisés et non territorialisés par territoire et par temporalité peuvent être retrouvés en annexe (Tableau 7 ; Tableau 8).

¹ La mobilité fluviale n'a pas été territorialisée.

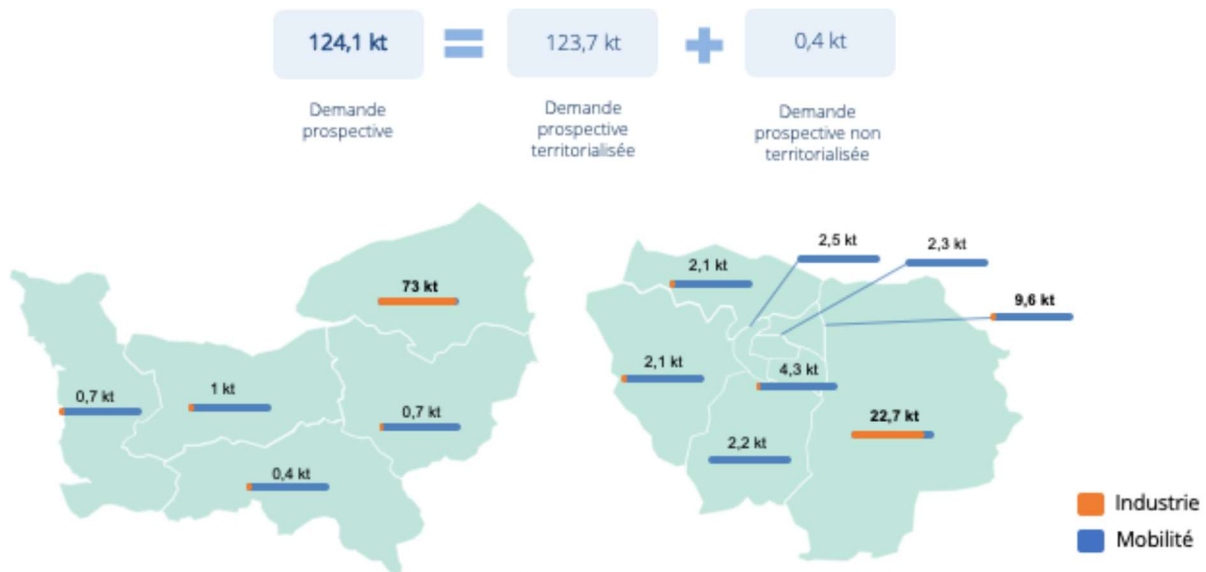


Figure 1 - Répartition de la demande potentielle en H₂ à horizon 2030

A 2030, 2 départements en particulier concentrent la majorité des volumes prospectifs d'H₂ renouvelable et bas-carbone, la Seine-Maritime et la Seine-et-Marne. Ces importants volumes découlent de la présence sur ces territoires de sites industriels fortement consommateurs d'H₂ tels que les usines d'ammoniac ou encore la bioraffinerie de Grandpuits.

Les autres départements voient leur consommation attribuée largement au segment des mobilités, avec, notamment, les mobilités aéroportuaires captives qui constituent un talon de consommation importants dans les départements où se situent les aéroports.

A horizon 2030, une large partie de la demande a pu être territorialisée. En effet, cela s'explique par le fait que sur les segments difficilement territorialisables (e-carburants notamment), des projets concrets sont déjà en cours de déploiement et donc rattachés directement à un territoire.

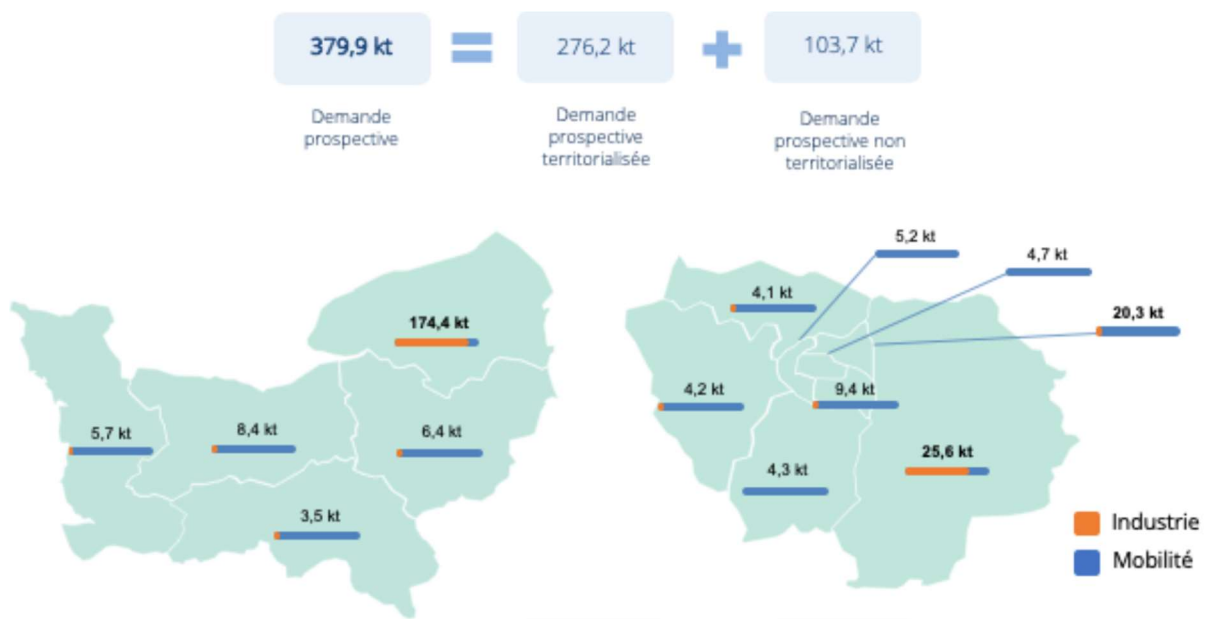


Figure 2 - Répartition de la demande potentielle en H₂ à horizon 2035

A horizon 2035, un peu moins d'1/3 de la demande est non territorialisée. L'offre prévisionnelle actuelle n'est plus en mesure de répondre à l'augmentation des besoins notamment en e-carburants pour le maritime, le fluvial et l'aviation.

A 2035, la demande se concentre autour de 3 départements à l'échelle de la Vallée de Seine : Seine-Maritime, Seine-et-Marne et Seine-Saint-Denis. La Seine Saint-Denis et le Val-de-Marne voient leur consommation respective augmenter, principalement sur le segment mobilité avec l'émergence et l'utilisation d'H₂ direct et des e-carburants d'aviation durable dans le transport aérien². Les autres départements voient leur consommation attribuée aux segments des mobilités augmenter avec l'émergence de la mobilité H₂ lourde et légère.

A horizon 2035, un peu moins d'1/3 de la demande est non territorialisée.

² Les consommations H₂ des aéroports franciliens ont été imputées sur ces cartographies uniquement, de manière théorique, aux départements de Seine-Saint-Denis et Val-de-Marne, bien que les aéroports franciliens se répartissent sur plusieurs départements, dans une optique de simplification de représentation.

2. Analyse d'écart à 2030 et 2035

2.1 A 2030, un surplus temporaire d'environ 38 kt d'H₂

Les analyses d'écart entre l'offre et la demande estimée par rapport au scénario de référence montrent qu'à l'échelle de la Vallée de Seine, à condition que tous les projets existants et en projet connus actuellement arrivent à leur terme, il existerait **un surplus d'environ 38kt d'H₂ en 2030**³.

Cependant, ce surplus est temporaire car l'émergence de la mobilité zéro émission et les besoins en H₂ pour la production d'e-carburants constitueront des secteurs nécessitant des volumes importants avec des croissances rapides entre 2030-2035. Ce surplus temporaire s'explique également par des ambitions fortes à horizon 2030 de la part des acteurs du transport aérien sur le segment des e-carburants et notamment du e-kérosène et qui souhaitent aller au-delà des obligations réglementaires définies à cet horizon de temps par ReFuel Aviation.

A l'échelle régionale, des disparités importantes existent entre les 2 régions. Le surplus est situé en Normandie, du fait de la localisation des projets de production d'H₂ massive à destination des secteurs industriels, d'e-carburants et de la mobilité pour le solde. Les productions prévues aujourd'hui en région Île-de-France ne devraient pas permettre de couvrir l'intégralité des besoins et il manquerait environ 15kt H₂⁴ pour répondre à la demande.

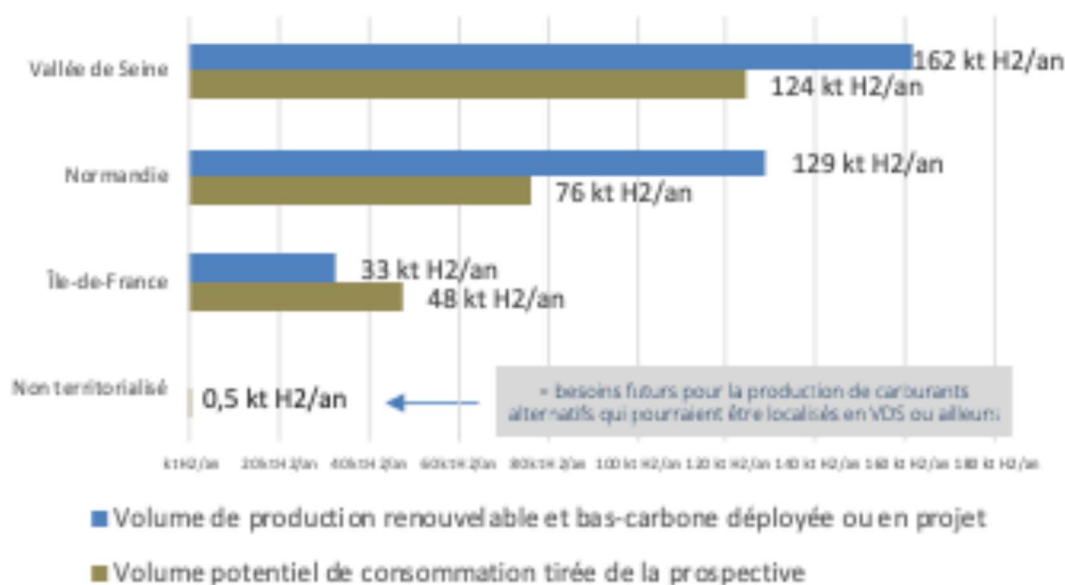


Figure 3 – Analyse d'écart entre offre et demande à horizon 2030 (kt H₂)

Un tableau regroupant les chiffres de cette analyse d'écart est disponible en annexe (Tableau 5).

³ Les 38kt d'H₂ en surplus à 2030 à l'échelle de la Vallée de Seine sont obtenus en soustrayant les consommations estimées dans la prospective (124kt) au volume des productions existantes ou en projet (162kt).

⁴ Le déficit d'H₂ à l'échelle de l'Île-de-France est calculé en soustrayant les consommations estimées dans la prospective (48kt) au volume des productions existantes ou en projet sur le territoire de la région (33kt).

2.2 A 2035, un déficit d'environ 218 kt d'H₂

A horizon 2035, dans le cas où tous les projets de production existants et en projets recensés arrivent à leur terme, il **manquerait environ 218 kt d'H₂⁵** en Vallée de Seine, **dont environ la moitié serait à destination de la production de carburants alternatifs.**

Pour combler ce déficit avec une production 100% localisée en Vallée de Seine, **la production d'H₂ supplémentaire à mettre en œuvre représenterait environ 1,5GW d'électrolyse**, soit l'équivalent d'à peu près 8 projets Air Liquide *Normand'hy* (200MW).

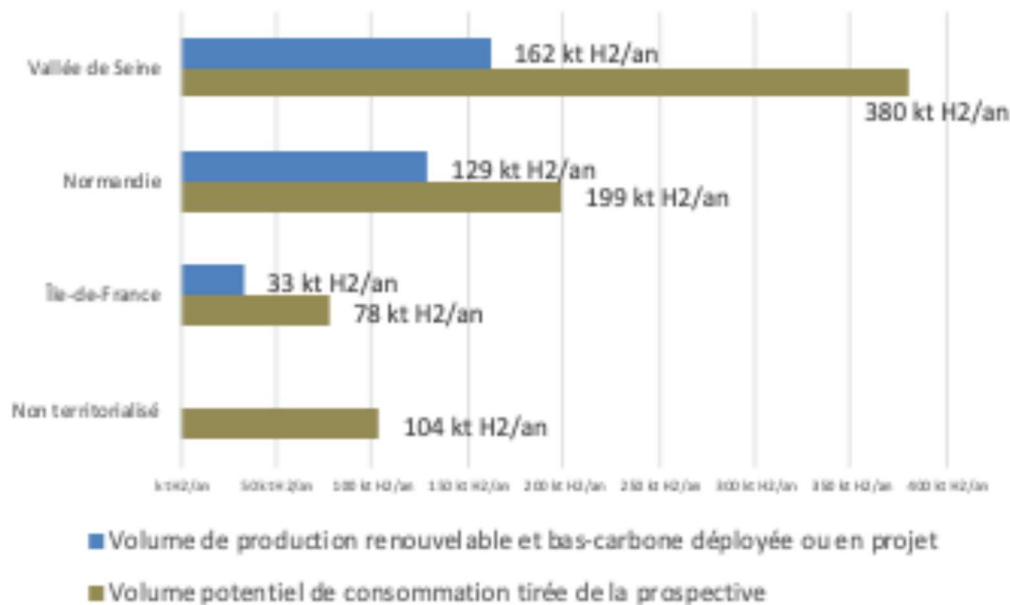


Figure 4 - Analyse d'écart entre offre et demande à horizon 2035 (kt H₂)

Un tableau regroupant les chiffres de cette analyse d'écart est disponible en annexe (Tableau 5).

L'analyse des écarts au niveau sectoriel permet d'identifier les surplus et déficits théoriques en fonction des filières consommatrices d'H₂. Cette analyse est théorique car elle compare uniquement les volumes globaux entre les consommations prospectives et les productions existantes et en projet. Les volumes calculés dans cet exercice sont donc indicatifs et ne doivent être lus que comme des ordres de grandeurs potentiels. Les volumes sont regroupés dans la Figure 5 ci-dessous.

Ainsi, les secteurs des transports terrestres, maritimes et fluviaux⁶ seraient déficitaires à 2030 et à 2035⁷. En effet, au vu des informations fournies par les producteurs, notamment lors des entretiens réalisés pour l'état des lieux, une faible part des volumes des productions prévues seraient destinée à la mobilité notamment du fait des faibles volumes d'usages. L'émergence des mobilités hydrogène prévue devrait donc être comblée par le déploiement de productions supplémentaires.

⁵ Le déficit de 218kt d'H₂ à l'échelle de la Vallée de Seine est calculé en soustrayant les consommations estimées dans la prospective (162kt) au volume des productions existantes ou en projet sur le territoire (380kt).

⁶ Les consommations d'H₂ estimées pour les transports maritimes et fluviaux ne comprennent pas les volumes nécessaires à la production des e-carburants à destination des navires et bateaux

⁷ Le déficit sectoriel du transport terrestre, maritime et fluvial a été établi en prenant en répartissant les productions existantes et en projet en fonction des débouchés annoncés par les producteurs. Les déficits sont calculés en soustrayant les consommations estimées dans la prospective au volume des productions existantes ou en projet à destination de ce secteur.

Les secteurs de la production des e-carburants et de l'industrie présenteraient quant à eux, des surplus temporaires de production à horizon 2030 respectivement d'environ 30kt et 14kt. La capacité de ces surplus « industriels » à alimenter des usages mobilités dépend de plusieurs facteurs tels que la mise en place de capacité d'export sur les sites de production et la qualité de l'H₂ produit, généralement plus pur pour la mobilité que pour les usages industriels. De plus, ces surplus temporaires découlent de certaines ambitions fortes d'acteurs industriels et du transport aérien par rapport aux réglementations européennes : le surplus n'est donc pas nécessairement « disponible ». A 2035, les secteurs de la production des e-carburants et de l'industrie deviennent déficitaires respectivement d'environ 110kt et 42kt (cf. tableau ci-dessous). De nouvelles installations de production d'H₂ seront donc nécessaires pour combler ces écarts.

Secteur	Offre prévisionnelle*	Demande prospective 2030	Ecart 2030/2024	Demande prospective 2035	Ecart 2035/2024
Transports terrestres	22 301 t/an	29 122 t/an	- 6 821 t/an	83 542 t/an	- 61 241 t/an
Transports maritimes et fluviaux (hors e-carburant)	0 t/an	528 t/an	- 528 t/an	4 795 t/an	- 4 795 t/an
Production de e-carburants	73 000 t/an	42 628 t/an	+ 30 372 t/an	183 097 t/an	- 110 097 t/an
Industries	66 308 t/an	51 880 t/an	+ 14 428 t/an	108 463 t/an	- 42 155 t/an
Totaux	161 609 t/an	124 158 t/an	+ 37 451 t/an	379 897 t/an	- 218 288 t/an

Figure 5 - Analyse d'écart sectorielle entre l'offre prévisionnelle et la demande prospective aux horizons 2030 et 2035 (*basée sur la vision des production opérationnelles et en projet en février 2024)

Infrastructures nécessaires

1. Hypothèses sur les infrastructures

1.1 Sur les typologies d'infrastructures

1.1.1 Pour la production

Dans cette étude, **seule la production d'hydrogène par voie électrolytique a été considérée.**

Pour réaliser cet exercice théorique, des typologies de production par électrolyse ont été définies selon l'usage principalement adressé et à l'image des caractéristiques de projet observés actuellement. Cependant, les modèles de production pourront être amenés à évoluer en fonction des projets qui seraient mis en place et qui devraient avoir tendance à s'adapter aux besoins réels, notamment par exemple des sites de production d'H₂ à destination du secteur industriel majoritairement mais qui adresseraient également des usages de mobilités à l'échelle locale.

La production journalière d'un électrolyseur a été établie à 400 kg H₂ par jour et par MW de puissance électrolytique, ce qui équivaut à un facteur de charge d'environ 92%⁸.

Pour la production d'e-carburants, les sites devraient être localisés **proches des infrastructures de transport par canalisation de carburants** (type TRAPIL), cela semble être le modèle privilégié par les porteurs de projet afin d'acheminer massivement leur production et éviter une logistique de transport trop dense par camion. Du fait de la nécessité de telles infrastructures et également de la disponibilité électrique et hydrique, **les futurs sites de production d'e-carburants seraient prioritairement développés dans des zones industrialo-portuaires.** Enfin, le processus de production d'e-carburants nécessite d'importants volumes d'H₂, ce qui inciterait à produire directement sur site l'hydrogène. Ainsi, les sites de production d'H₂ à destination des e-carburants pourraient être localisés à proximité des usines produisant ces carburants alternatifs. **Le dimensionnement retenu pour ces productions électrolytiques est de 250MW** par usine d'e-carburants, ce qui correspond à la puissance moyenne développée dans les projets actuels (KerEAUZen et Verso Grand Quevilly), même si les futures usines pourraient grandir en taille en fonction des retours d'expérience des premiers sites et de la disponibilité des équipements.

Pour le secteur industriel, la décarbonation des industries lourdes telles que la pétrochimie et l'ammoniac requièrent d'importants volumes d'hydrogène bas-carbone ou renouvelable. Pour répondre à ces besoins importants, les électrolyseurs devraient être localisés à proximité des sites industriels concernés. **Les sites de production d'H₂ à destination des industries lourdes ont été dimensionnés par tranche de 50MW**, basée sur les parts à destination du secteur industriel des projets existants. Concernant les industries diffuses, les productions d'H₂ bas-carbone et renouvelable pourraient être localisées à proximité des grands bassins industriels, schématiquement au barycentre des consommations des différents acteurs, ou bien être approvisionnées plus spécifiquement par des productions à destination majoritairement de la mobilité mais qui adresseraient un talon d'usages industriels diffus. Un consommateur industriel diffus pourrait également constituer le premier consommateur d'un site de production semi-centralisé, avec de l'export pour alimenter des usages mobilité extérieurs. Selon la localisation réelle des sites, les productions pourraient être mutualisées entre des débouchés industriels et de mobilités.

⁸ La production théorique maximale d'un électrolyseur de 1MW étant de 435kg/j.

Pour le secteur de la mobilité, le modèle privilégié pour les horizons 2030-2035 est celui semi-centralisé, c'est-à-dire un écosystème de sites de production à l'échelle départementale voire régionale approvisionnant les stations de distribution alentour. Pour couvrir les besoins de chaque territoire, les sites de production à destination de la mobilité, seraient donc mutualisés afin de minimiser le nombre de sites de petites puissances électrolytiques. Usuellement, les sites de production de mobilité sont associés également à une station de distribution locale. **Le dimensionnement des sites de production pour la mobilité a été défini à 20MW** (ce qui permet de livrer environ 8 stations 1 tonne jour). Ce dimensionnement constitue aujourd'hui un site d'une taille importante, avec quelques projets en cours en France (Port la Nouvelle par ex.), mais ce dimensionnement devrait, à terme, représenter un nombre plus important de projets. Ces sites de production devraient suivre un modèle semi-centralisé avec un consommateur présent sur le même site (station de distribution, voire industriel) et une zone d'export vers les autres stations de distribution des environs. Les électrolyseurs seraient ainsi localisés à des distances inférieures à 150 km par rapport aux usages, ce qui permettrait une viabilité économique de l'hydrogène en optimisant les coûts de transports (autour de 2€ le kg d'H₂). De plus, ces électrolyseurs seraient idéalement situés à proximité des postes RTE/ENEDIS afin d'assurer la disponibilité de la ressource électrique. Des sites plus éloignés de ces postes seraient susceptible de générer des coûts supplémentaires (nouveau poste, raccordement coûteux).

1.1.2 Pour la distribution

A l'horizon 2030, le maillage en nouvelles stations de distribution devrait être assuré majoritairement par des **stations avec une capacité de distribution d'1t/j et quelques 2t/j**. Aujourd'hui, les stations de distribution installées sont de plus petites capacités, entre une centaine de kilos jusqu'à 1 tonne de capacité. Cela s'explique par l'émergence de la filière hydrogène et la difficulté de sécuriser des volumes importants d'usages. Lorsque les consommations seront plus conséquentes, avec la massification des usages de mobilité, les standards de distribution devraient être plus élevés, et les stations de capacité 1t/j deviendraient la norme car notamment plus intéressantes du point de vue économique. Les stations 1t/j devraient assurer l'essentiel du maillage (nœuds urbain, RTE-T central et global). Des stations 2t/j devraient être déployées dans des zones ayant une forte densité d'usages mobilités, autour des axes majeurs et dans les grandes villes. Les zones aéroportuaires franciliennes, pourraient accueillir des stations de plus forte capacité de distribution, soit à hauteur de 5t/j, afin de répondre à une forte densité d'usages notamment due à la mobilité routière en lien avec l'activité aérienne (taxis, poids lourds de marchandises, véhicules utilitaires, etc.), aux engins aéroportuaires et à l'avitaillement d'aéronefs propulsés par H₂ direct (sous forme gazeuse ou liquide).

A l'horizon 2035, l'augmentation de la demande pour la mobilité routière incite à augmenter les capacités des stations existantes, ainsi qu'à densifier le maillage en station sur les territoires. Ainsi, les stations anciennement de capacité 1t/j en 2030 pourraient passer à terme à une distribution de 2t/j lorsqu'elles sont localisées à proximité d'axes majeurs ou secondaires et de villes moyennes, dans le cas où l'augmentation de capacité a été prévue dès la conception de la station et déclencher uniquement lorsque la demande de ravitaillement deviendra suffisante. Sur le même principe, certaines stations anciennement de capacité 2t/j pourront passer à une distribution de 5t/j dans les zones avec une forte densité d'usages, notamment proches des sites logistiques et en périphérie de Paris. Enfin, pour répondre à la montée en charge des besoins du secteur aéroportuaire, certaines stations 5t/j verraient leur capacité augmenter à 10t/j, seulement si une logistique adaptée est mise en place et en cohérence avec les réglementations ICPE. La densification du maillage dans les territoires et en particulier en Normandie, sera assurée par le déploiement de stations 1t/j.

La logistique d'avitaillement des stations de distribution pourrait être réalisée par tube trailer contenant de l'hydrogène gazeux⁹ pour des capacités allant jusqu'à 2t/j. Au-delà, pour les stations de plus grande capacité, la logistique d'avitaillement devrait être assurée par d'autres types d'équipements pour limiter les flux logistiques. Les moyens d'avitaillement mis en œuvre pourraient être assurés par des camions citernes d'H₂ liquide, déjà utilisés dans le secteur aéronautique, ou par connexion avec une canalisation par exemple.

1.2 Sur la disponibilité en ressources

Afin d'estimer les besoins en ressources que nécessiterait le déploiement de ces infrastructures et de les comparer à leur disponibilité actuelle, un jeu d'hypothèses a été construit. Ces hypothèses sont déclinées en fonction de la typologie et de la taille des infrastructures.

Infrastructures de production :

Les hypothèses de consommations foncières ont été basées sur un état des lieux des projets existants, selon leur fourchette de puissance installée. Ces tailles de foncières sont une moyenne basée sur l'analyse de projets existants. Certains projets pourraient consommer moins de superficie au sol dans le futur. La consommation foncière est très dépendante de la morphologie du terrain et des mesures peuvent permettre d'implanter des sites sur des foncières plus contraints, moyennant des investissements supplémentaires.

La consommation électrique nécessaire à la production d'H₂ électrolytique a été établie à 60MWh/t H₂. La consommation en eau a été prise à 20m³/t H₂, en sachant que la moitié de ce volume est réellement consommée et le reste uniquement prélevé puis restitué. Ces hypothèses sont conservatrices et il est supposé que ces volumes restent inchangés dans les 10 années à venir.

Infrastructures de distribution :

La consommation foncière des stations de distribution dépend en grande partie du nombre de pistes de recharge sur le site. Les estimations d'emprise foncière ont été prises par rapport aux données de France Hydrogène sur les stations de 1 et 2 t/j puis extrapolées pour les stations de plus grandes capacités.

La consommation électrique nécessaire pour la distribution d'H₂ électrolytique correspond à 9MWh/tH₂, due majoritairement à la compression de l'hydrogène pour une distribution à 700b. La consommation en eau est inexistante sur des infrastructures de distribution.

1.3 Sur la temporalité des projets

La temporalité de développement des projets de production d'H₂ à destination des secteurs de l'industrie et de la mobilité est estimée à 5 ans, dans une perspective optimiste où toutes les étapes de développement s'enchaînent sans obstacles et que la phase préliminaire d'identification et de sécurisation du foncier a été portée par les acteurs publics, pour faciliter et accélérer le déploiement du projet. Cette vision est celle des porteurs de projets et prend en compte notamment toute la phase de montage du projet généralement la plus importante en termes de durée et qui comprend les études d'impacts environnementaux et de son volet « faune-flore » d'une durée minimum d'un an incompressible, les procédures d'instruction en lien avec le permis de construire comme les

⁹ A date, ces livraisons sont assurées par des camions avec une motorisation thermique. La réglementation actuelle ne permettant pas d'assurer la logistique H₂ par des camions roulant à l'H₂

consultations et enquête publique ainsi que toutes les étapes de contractualisation foncière, sécurisation des intrants, financements et clients.

Pour le déploiement de productions H₂ d'envergure notamment pour la production d'e-carburants, cette durée est allongée à 6 ans du fait de la plus grande capacité d'électrolyse et des processus de fabrication d'e-carburants liés.

Pour le déploiement des stations de distribution H₂, la durée de développement est observée est d'environ 3 ans comprenant 1 an de développement et étude et 2 ans pour la phase post FID (finalisation de sécurisation des usages, commandes et construction).

Dans cet exercice, il est supposé que les rythmes de déploiement sont inchangés jusqu'en 2035, et qu'il n'y aura pas d'accélération du temps de développement d'un projet dans le futur. Cette hypothèse est conservatrice : des groupes de travail existent afin d'alléger certaines réglementations notamment pour ICPE. Néanmoins, les retours d'expérience sur le déploiement de nombreux grands projets hydrogènes sur une période courte sont limités.

Un calendrier indicatif de la durée de développement d'un projet de production H₂ est disponible en annexe.

1.4 Sur la part d'import vs. production locale

Dans le cas de figure théorique où la Vallée de Seine serait autosuffisante en hydrogène à horizon 2035, il faudrait produire localement la totalité de ses consommations soit un volume de 380 kt/an. Aujourd'hui, 162 kt/an de production d'H₂ renouvelable et bas-carbone ont été identifiés en Vallée de Seine (production existante et en projet). Le solde restant à produire pour être autosuffisant s'élèverait donc à 218 kt/an d'hydrogène, ce qui équivaldrait à une puissance d'électrolyse totale supplémentaire à déployer d'environ 1,5 GW¹⁰. Or, au regard du rythme de déploiement des projets de production H₂ ces dernières années, cela nécessiterait une forte accélération de la dynamique de déploiement des productions, sur un territoire déjà contraint avec un questionnement sur la capacité à faire au vu des ressources humaines, des autres projets d'ampleur dans le secteur énergétique notamment le projet nucléaire de Penly et la disponibilité des équipements.

C'est pourquoi le schéma directeur propose un scénario conjuguant production locale d'hydrogène et imports nationaux et/ou internationaux. Dans ce scénario 60%¹¹ du besoin total en H₂ à 2035 serait produit en Vallée de Seine et le solde serait importé. Pour atteindre cet objectif de production locale, un tiers de la puissance électrolyse manquante (1,5GW) resterait à développer, soit environ 500MW. Pour répondre aux besoins locaux restants, les importations nationales et internationales seraient nécessaires. Au niveau international, les importations pourraient se faire via l'H₂ liquide ou de dérivé de l'H₂ pertinents à reconvertir puis à transporter vers des consommateurs potentiels via des réseaux intra-hub s'ils existent. En l'absence de réseau de canalisation H₂ prévu avant 2035, l'H₂ importé devra être utilisé ou transformé en e-carburants sur la zone industrialo portuaire ou transporté par camions à proximité. Au niveau national, à court terme, en l'absence de réseau de canalisation ces imports se feront nécessairement par tube trailer pour une consommation d'H₂ ce qui limite les flux en volume

¹⁰ Le besoin total en H₂ en Vallée de Seine s'élève à 380kt. Le volume de production existant et prévu est de 162kt. Ainsi on obtient le volume manquant de 218kt (380 -162).

¹¹ Le besoin total en H₂ en Vallée de Seine s'élève à 380kt. En développant localement 1/3 des capacités de productions à déployer à 2035 (218*1/3) et en ajoutant le volume de production des projets existants et prévus (162kt), on obtient un volume d'environ 234kt, soit environ 60% du besoin total en Vallée de Seine. (calcul : [(218*1/3) + 162] / 380 = 0,61)

ou via des infrastructures existantes tels que le réseau TRAPIL et l'oléoduc de défense commune pour les e-carburants.

2. Analyse du besoin en production

Pour la production d'e-carburants, afin de répondre aux besoins et aux contraintes de déploiement le **lancement a minima d'un projet supplémentaire d'environ 250 MW serait nécessaire**. Il serait principalement dédié à la production d'e-carburant, avant 2030 pour une mise en service d'ici 2035 – ceci implique la création d'une usine d'e-carburant à proximité de l'électrolyseur. Ce projet serait préférentiellement localisé dans une zone industrialo portuaire (Le Havre-Port Jérôme, ou Rouen) afin de bénéficier de ressources en CO₂ et d'une possibilité d'avitaillement par le TRAPIL aux consommateurs des aéroports franciliens. Ce projet contribuerait à la décarbonation du secteur aérien et / ou du secteur maritime tout en réduisant la dépendance aux importations de carburants.

Pour l'H₂ direct pour les aéroports franciliens, la production d'H₂ pour son utilisation sous forme gazeuse ou liquide pour les avions et les engins aéroportuaires pourrait être réalisée par plusieurs projets différents, de préférence à proximité des consommations, en attendant l'arrivée de canalisation de transport post 2035, qui pourront permettre de produire des volumes plus importants en dehors des sites aéroportuaires.

Pour la pétrochimie, il serait nécessaire de lancer **a minima d'un projet supplémentaire d'environ 120 MW**, principalement dédié à la pétrochimie et au site de Total Energies. Ce projet dépend principalement de l'appel d'offre de Total Energies pour le déploiement d'H₂ électrolytique pour décarboner ses raffineries européennes. La solution proposée pourrait être une mutualisation avec un site de production d'e-carburant ou encore une solution d'import d'H₂. Ce site pourrait intégrer 30 MW dédiés à la mobilité.

Pour les autres industries, il ne semble **pas exister de besoins supplémentaires pour l'ammoniac d'ici à 2035**, les acteurs privilégiant la capture de CO₂. **Pour les industries diffuses**, en l'absence de visibilité sur les besoins précis, il est proposé qu'une part de ces besoins soient adressés par les sites de 20 MW semi-centralisés répartis sur le territoire (par ex. en Seine-et-Marne ou dans la Glass Vallée).

Enfin pour la mobilité routière, il est préconisé de lancer, au moins **un des projets de 20MW avant 2025 pour une mise en service à horizon 2030**, ce site pourrait par exemple être localisé à la frontière entre les 2 régions, permettant d'avitaillement des stations à la fois dans l'ouest francilien et autour de l'axe A13. Ce projet pourrait également alimenter des usages industriels diffus à proximité.

Environ 5 projets complémentaires de configuration similaire pourraient par la suite être développés pour répondre aux besoins à 2035.

Typologie	Vallée de Seine	Total
Sites 20MW	6	120 MW
Site 150MW	1	150 MW
Site 250 MW	1	250 MW
TOTAL	8	520 MW

Tableau 1 – Répartition des sites de production supplémentaires selon leur puissance associée, à horizon 2035

Le positionnement des infrastructures de production a vocation à éviter les zones inondables, de protection de l'environnement (type Natura 2000) et d'assurer une couverture du territoire. Les localisations indicatives ont été proposées sur la base du recensement des postes RTE de haut voltage, afin faciliter l'accès à la ressource électrique.

Les rayons d'actions des productions appliqués sont de l'ordre de 75km afin d'assurer une viabilité économique de l'hydrogène transporté dans les territoires. En effet, le coût de l'hydrogène est fortement impacté par le coût du transport et il est communément estimé que celui-ci devient trop important à partir de 150km. La distance de 75km permet donc d'assurer une compétitivité de l'hydrogène et est également une marge entre l'écart qui pourrait exister entre la distance à vol d'oiseau et la distance routière réelle entre le site de production et l'utilisateur.

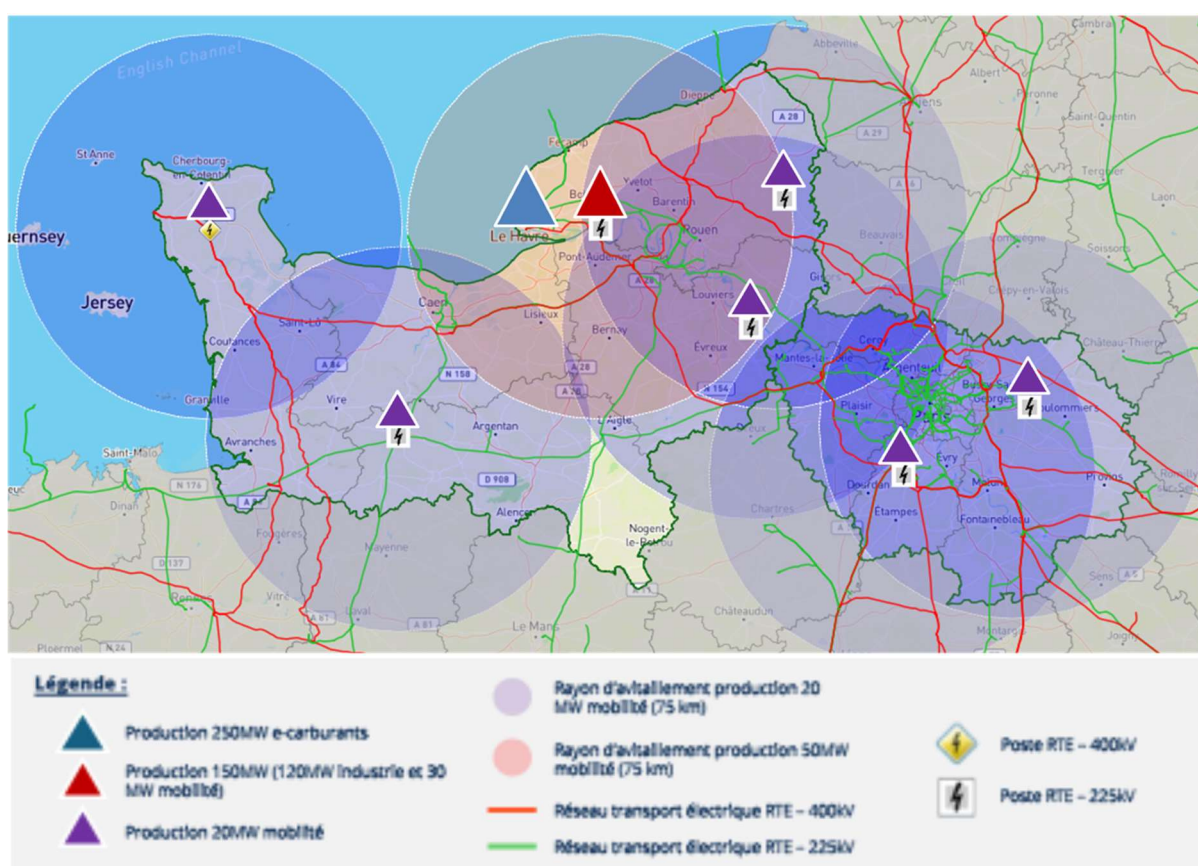


Figure 6 - Cartographie indicative des localisations des infrastructures de production supplémentaires à développer d'ici 2035

Les 3 projets qui sembleraient prioritaires seraient un site pour décarboner l'industrie pétrochimique, un site d'électro-carburant et un site de mobilité situé entre les 2 régions Île-de-France et Normandie afin d'assurer une meilleure couverture géographique.

Une estimation de la consommation électrique de ces productions est disponible en annexe (Tableau 6)

Pour la Normandie, le développement prévu de nombreux parcs éoliens en mer devrait constituer un atout pour déployer les projets de production H2, de même que la mise en place d'une nouvelle ligne Très Haute Tension (THT) en 2029 sur la zone du Havre.

Il apparaît nécessaire de penser dès à présent au couplage entre production d'H2 et production d'électricité en mer afin de favoriser l'accès à un électron renouvelable, compétitif et en volume suffisant pour les projets de production d'H2.

3. Analyse du besoin en infrastructures de transport et de stockage

3.1 Carte des infrastructures existantes et prévues

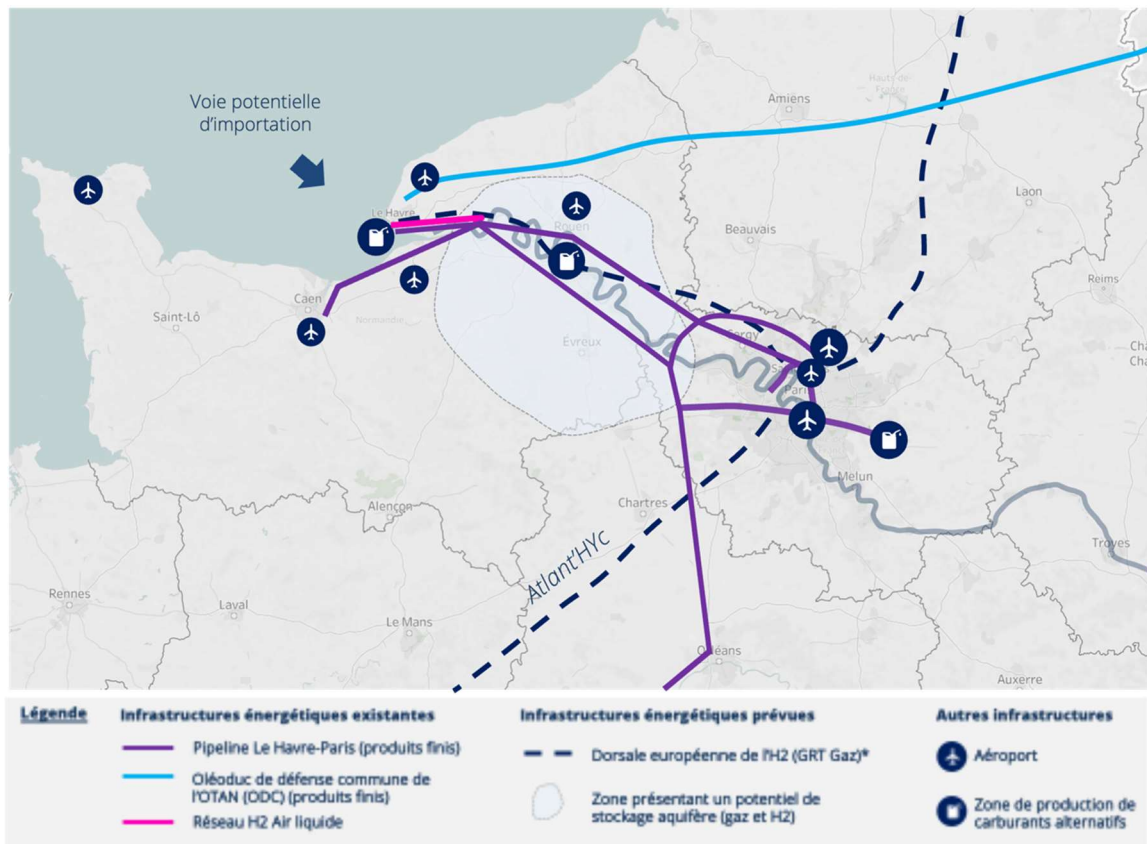


Figure 7 - Cartographie des infrastructures de transport et de stockage existantes et prévues pour les produits finis¹² et d'hydrogène (*tracé indicatif)

3.2 Analyse sur les infrastructures supplémentaires nécessaires à 2035

Au regard du scénario de production et de consommation retenu, la plupart des usages seraient à court terme localisés à proximité des productions (soit connexion directe, soit réseau de transport local), ou pourraient être alimentés par tube-trailer gazeux.

Une canalisation de transport longue distance d'hydrogène, entre la Normandie et l'Île-de-France, ne répondrait pas nécessairement aux besoins logistiques à 2035. Néanmoins des réseaux locaux « point à point » entre une production et un réseau de stations par exemple, seraient utiles, en particulier en zone francilienne et pour l'alimentation des stations de grande capacité ou pour une production en dehors des aéroports franciliens.

Une canalisation longue distance reliant la dorsale européenne de l'hydrogène resterait néanmoins pertinente, à la fois pour dérisquer les projets industriels de production d'H2 (ammoniac et raffinerie), attirer de nouveaux projets et pour anticiper des besoins plus importants d'H2 pour la mobilité routière et aérienne en Île-de-France sur le long terme. Les réflexions sur son tracé sont en cours. Il apparaît nécessaire de penser dès maintenant pour la Normandie au triptyque production d'H2,

¹² Produits finis à base d'hydrocarbures : gazole, fioul, supercarburants sans plomb, carburéacteurs, naphthas

production d'électricité en mer et transport de l'énergie afin d'assurer un prix de l'électron le plus faible possible pour rester compétitif.

Une alternative, peu évoquée par les acteurs rencontrés, consisterait au transport par barge fluviale d'H2 (gazeux puis liquide), pour alimenter par exemple des stations localisées à proximité de la Seine. Cette option a déjà été étudiée dans le cadre du projet Interreg H2Ships¹³ d'un point de vue opérationnel, technique et réglementaire le long de la Seine. Plusieurs possibilités ont été étudiées et pourraient être déployées avec le développement des infrastructures et des usages.

Tableau 15 : Synthèse des typologies de transport envisagées en fonction de la maturité de la logistique du CGH₂

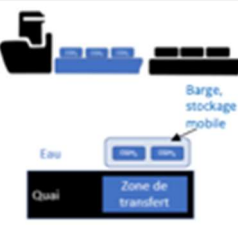
Maturité de la filière	Schématisation des moyens de transport	Commentaires
Transport par bateau mutualisé avec d'autres marchandises		
Initiale à intermédiaire		• Possibilité d'augmenter les flux progressivement • Dépend des flux de marchandises présents sur le secteur et des négociations des contrats
Transport par barge et pousseur mutualisé avec d'autres services de transport		
Intermédiaire		• Possibilité d'utiliser les barges comme stockage tampon à proximité des zones de chargement et déchargement • Stockages tampons (ADN) pouvant être facilement déplacés selon les besoins et projets • Possibilité de mutualiser le transport avec d'autres activités
Transport par bateau ou barge et pousseurs dédiés au transport de CGH₂		
Avancée		• Nécessite des flux importants pour être rentables • Permet une meilleure gestion des équipements et des risques spécifiques au CGH₂

Illustration des solutions envisageables – Projet H2Ships Interreg

¹³ https://vb.nweurope.eu/media/20691/h2ships_t2410_etude-transport-fluvial-cgh2-v03.pdf

4. Analyse du besoin en infrastructures de distribution toutes mobilités confondues

4.1 Besoins à 2030

4.1.1 Analyse sur les besoins à 2030

Lors de l'exercice de territorialisation, les besoins en capacité de distribution manquantes brutes exprimées en tonne/j ont été estimés¹⁴.

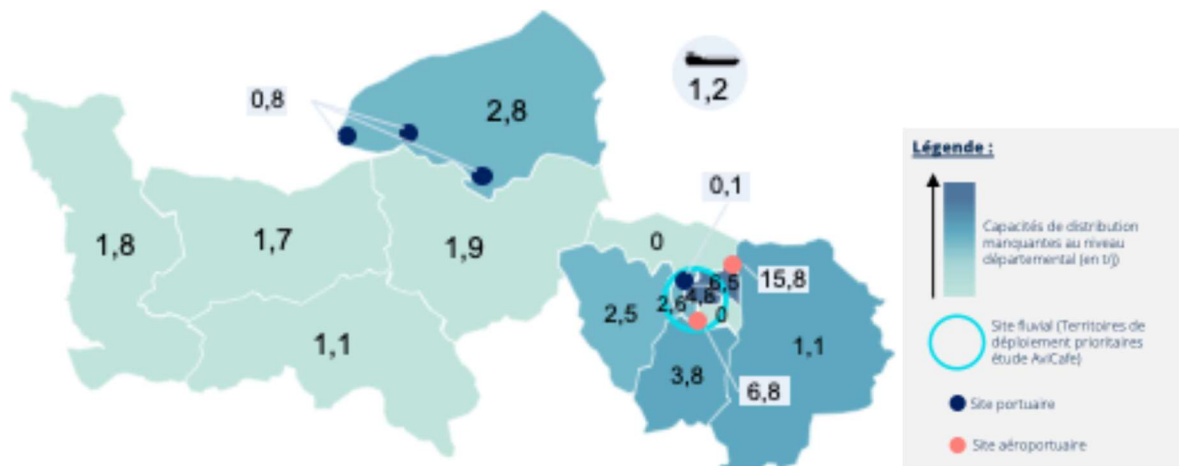


Figure 8 – Cartographie de la capacité de distribution supplémentaire manquante exprimée en t/j à développer à 2030 (sans surcapacité)

A 2030, 40 stations supplémentaires seraient nécessaires¹⁵. A cet horizon de temps les stations standards seraient d'une tonne jour et viendraient s'ajouter au maillage existant.. Sur des sites avec une forte activité des stations de taille plus importante (2-5 tonnes) pourraient être déployées.

Typologie	Île-de-France	Normandie	Total
Station 1t/j	18	12	30
Station 2t/j	6	0	6
Station 5t/j	4	0	4
TOTAL	28	12	40

Tableau 2 - Répartition des infrastructures de distribution toutes mobilités confondues territorialisées (hors fluvial) à 2030 (et sans prise en compte de surcapacité de distribution)¹

Ce premier réseau additionnel devra porter en priorité sur la réponse à la réglementation AFIR (station 1t jour 700 bar, ouverte au public à Paris, Rouen, Le Havre, Caen), la mise en place de stations complémentaires à proximité des nœuds urbains et le long du Réseau Transeuropéen de Transport

¹⁴Le besoin en capacité de distribution manquante a été calculé comme suit : volume prospectif par territoire – volume des capacités des stations existantes et en projet

¹⁵ Cette estimation se base sur la méthodologie explicitée en début de document, le jeu d'hypothèses des infrastructures (page 11), ainsi que sur une analyse d'écart entre les stations existantes et en projet dans la Vallée de Seine et les volumes de distribution nécessaires au vu des usages prospectifs estimés. Cette écart de volume de distribution a été traduit en nombre de stations de différentes capacités de distribution.

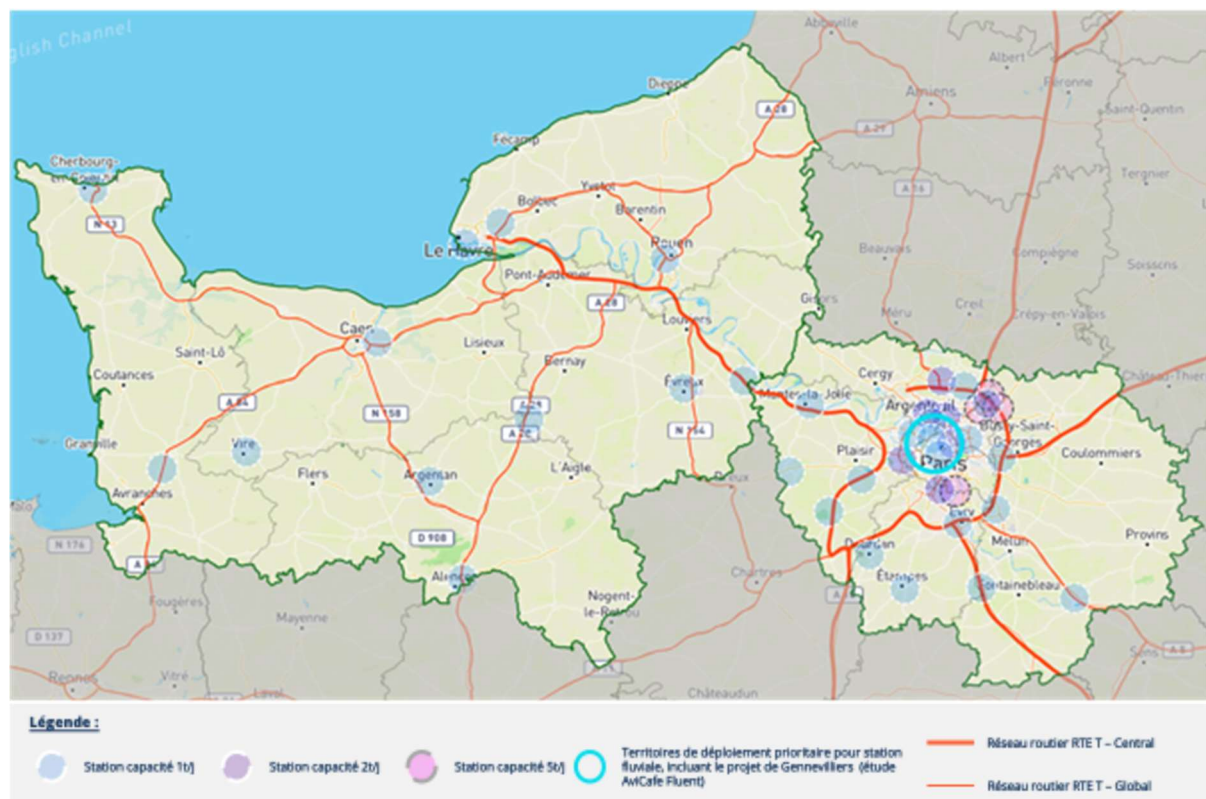
(RTE-T) central et l'extension de ce réseau à quelques grandes villes (Cherbourg par ex.). Ceci suppose un rythme de déploiement de stations soutenu avec des projets à lancer dès 2025.

Les estimations du nombre de stations et de leur capacité de distribution sont réalisées de manière brute et ne prennent pas en compte une éventuelle surcapacité, potentiellement nécessaire, en fonction de la fréquence temporelle des rechargements, pour répondre au besoin de distribution réels. En effet, les capacités de distribution des stations sont parfois communiquées sur 24 heures, or la large majorité des ravitaillements est réalisée sur une plage de 16 heures (globalement de 7h à 23h) : une station distribuant 1 tonne jour sur 24h distribue seulement 650 kg environ sur une plage de 16h. Ainsi, il peut être intéressant d'ajouter une surcapacité de distribution d'environ 40% sur les stations afin de répondre aux besoins de ravitaillements réels. Cela se traduit soit par une augmentation du nombre de stations soit par une augmentation des capacités de distribution de certaines stations. Cet ordre de grandeur de 40% se retrouve dans d'autres études de références¹⁶.

Concrètement, l'estimation prospective du besoin « brut » de capacité de distribution supplémentaire manquante à 2030 s'élève à 55,2t/j sur le territoire de la Vallée de Seine. La segmentation de capacité de station (1t/j, 2t/j, 5t/j) retenue contraint à arrondir certaines capacités localement, ce qui amènent à une capacité totale de distribution du schéma directeur de 62t/j. Pour respecter les 40% de surcapacité ($55,2t/j \times 1,4 = 77,3t/j$), il faudrait donc ajouter sur l'ensemble du territoire 15t/j de capacité de distribution par rapport à la capacité de distribution totale du schéma directeur.

4.1.2 Carte et priorisation des stations

Le positionnement des stations est indicatif et représente la zone privilégiée dans laquelle l'installation de distribution d'H₂ serait judicieuse pour assurer un maillage efficace.



¹⁶ Notamment les études du Clean Hydrogen Partnership.

Figure 9 - Cartographie indicative des localisations des infrastructures de distribution à développer à 2030 sur le périmètre de la Vallée de Seine (sans surcapacité)

Les stations qui semblent prioritaires, au-delà des stations répondant au maillage AFIR (dans les nœuds urbains de Paris, Rouen, le Havre, Caen), seraient localisées à proximité des axes routiers du RTE-T central (en Île-de-France et le long de l'A13).

Une cartographie complémentaire de 2030 a été réalisée pour laisser apparaître uniquement les stations le long de l'axe Seine. Cela représente un focus de 24 stations au total dont 5 en Normandie.

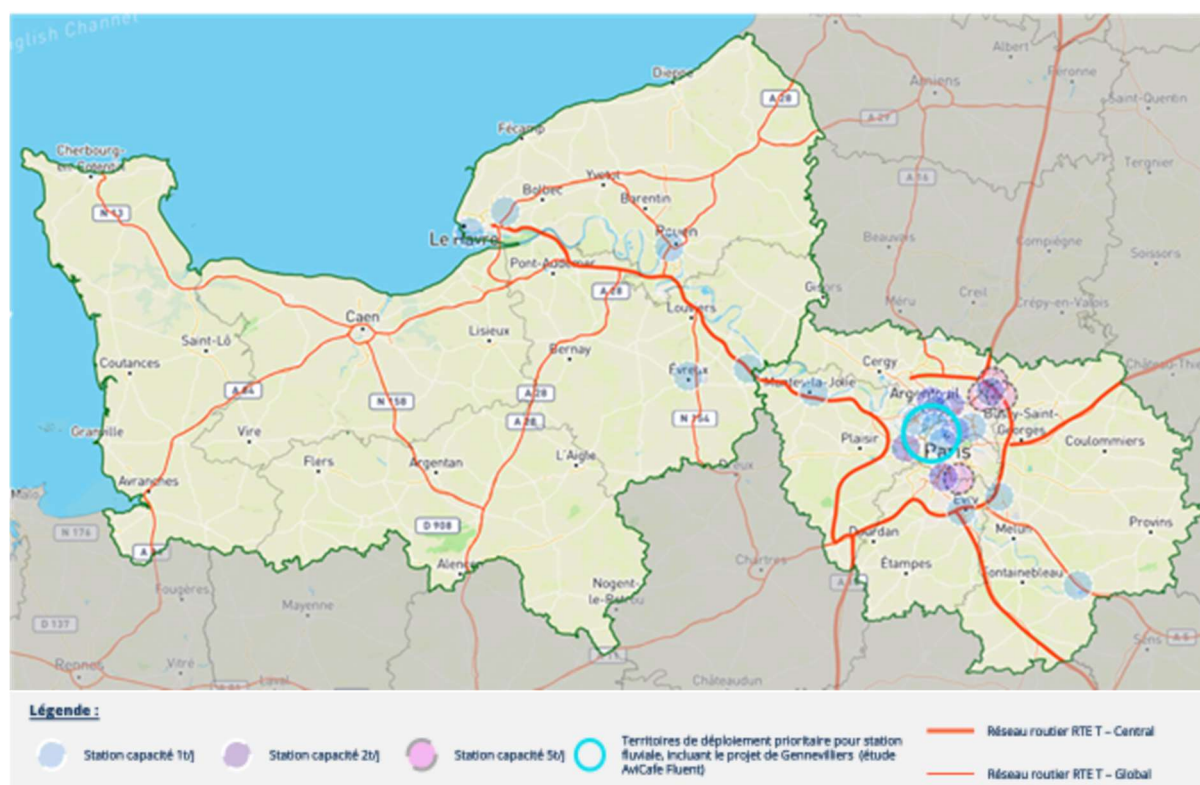


Figure 10 - Cartographie indicative des localisations des infrastructures de distribution à développer à 2030 le long de l'axe Seine (sans surcapacité)

4.2 Besoins à 2035

4.2.1 Analyse sur les besoins à 2035

Lors de l'exercice de territorialisation, les besoins en capacité de distribution manquantes brutes exprimées en tonne/j ont été estimés¹⁷.

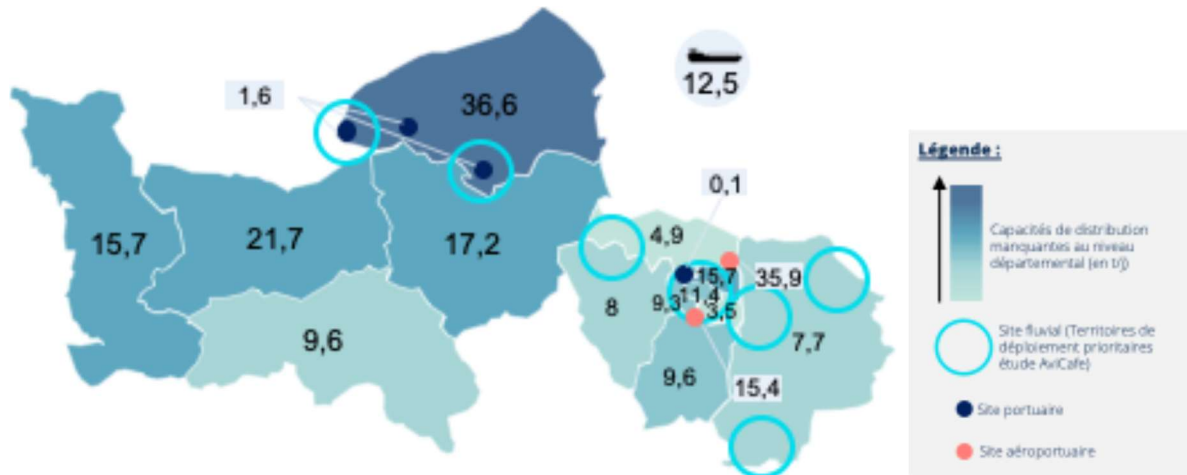


Figure 11 – Cartographie de la capacité de distribution supplémentaire manquante exprimée en t/j à développer à 2030 (sans surcapacité)

A 2035, la dynamique de déploiement de stations devrait être encore plus rapide et près de 78 stations supplémentaires devraient être ouvertes par rapport à 2030. La taille des stations devrait osciller entre 1-2 tonnes jour en moyenne, avec des stations de plus grande taille, à proximité des aéroports notamment. Les stations supérieures à 2t/jour nécessiteraient à terme une logistique différente du tube trailer gazeux pour limiter les flux de véhicules et les coûts logistiques (connexion à un électrolyseur ou un avitaillement par un réseau local de canalisation, avitaillement en LH2 par ex.).

Typologie	Île-de-France	Normandie	Total
Station 1t/j	2	35	37
Station 2t/j	40	32	72
Station 5t/j	5	0	5
Station 10t/j	4	0	4
TOTAL	51	67	118

Tableau 3 - Répartition des infrastructures de distribution toutes mobilités confondues territorialisées (hors fluvial) à 2035 (et sans prise en compte de surcapacité de distribution)¹⁸

Comme pour l'exercice de 2030, l'exercice de 2035 atteint 246t/j de capacité de distribution supplémentaire manquante à déployer (le besoin brut manquant estimé par la prospective étant de

¹⁷Le besoin en capacité de distribution manquante a été calculé comme suit : volume prospectif par territoire – volume des capacités des stations existantes et en projet

¹⁸Le nombre et la capacité de stations ont été établis de la manière suivante : besoins prospectifs pour la mobilité – capacité de distribution existante et en projet = besoin en capacité de distribution supplémentaire brute. La typologie de stations a été précisée dans les hypothèses sur les infrastructures de distribution.

236t/j). Dans le cas où on appliquerait une surcapacité de 40%, il serait nécessaire d'avoir 330 t/j ($236t/j \times 1,4$) de capacité de distribution. Dans l'idéal, il faudrait donc ajouter 84t/j de capacité de distribution sur l'ensemble du territoire de la Vallée de Seine pour approvisionner tous les usages mobilité (routière, engins portuaires et aéroportuaires, maritime captif et H2 direct d'aviation) par rapport à la capacité de distribution totale du schéma directeur.

NB : la restitution de l'étude AVICAFE menée par VNF intègre des projections plus faibles de demande pour l'H2 que dans le scénario « no bio » retenu dans l'étude prospective pour la Vallée de Seine. Des infrastructures ont toutefois été présentées le long de la Seine, issus d'une analyse multicritère. 7 sites potentiels ont été identifiés pour déployer des stations multi énergies et multimodales.

Les usages pour les navires captifs, de petites dimensions (pêche, navire de services etc.) devraient être marginaux à horizon 2030 et constituer de faible volume à horizon 2035 (moins d'1t/jour), aussi les infrastructures dédiées devraient être modestes (station mobile par ex.).

Une partie de la production d'e-carburant pourra être dédié à l'avitaillement de grands navires, selon le type d'e-carburant souté, la distribution pourra reposer sur des infrastructures existantes ou nécessitera d'en développer de nouvelles, dédiées.

Les infrastructures de distribution pour l'utilisation directe de l'H2 sont en réflexion chez ADP (soutage direct, solution de type swapping) et dépendront du rythme d'arrivée des avions à hydrogène.

4.2.2 Carte et priorisation des stations

Le positionnement des stations est indicatif et représente la zone privilégiée dans laquelle l'installation de distribution d'H2 serait judicieuse pour assurer un maillage efficace.

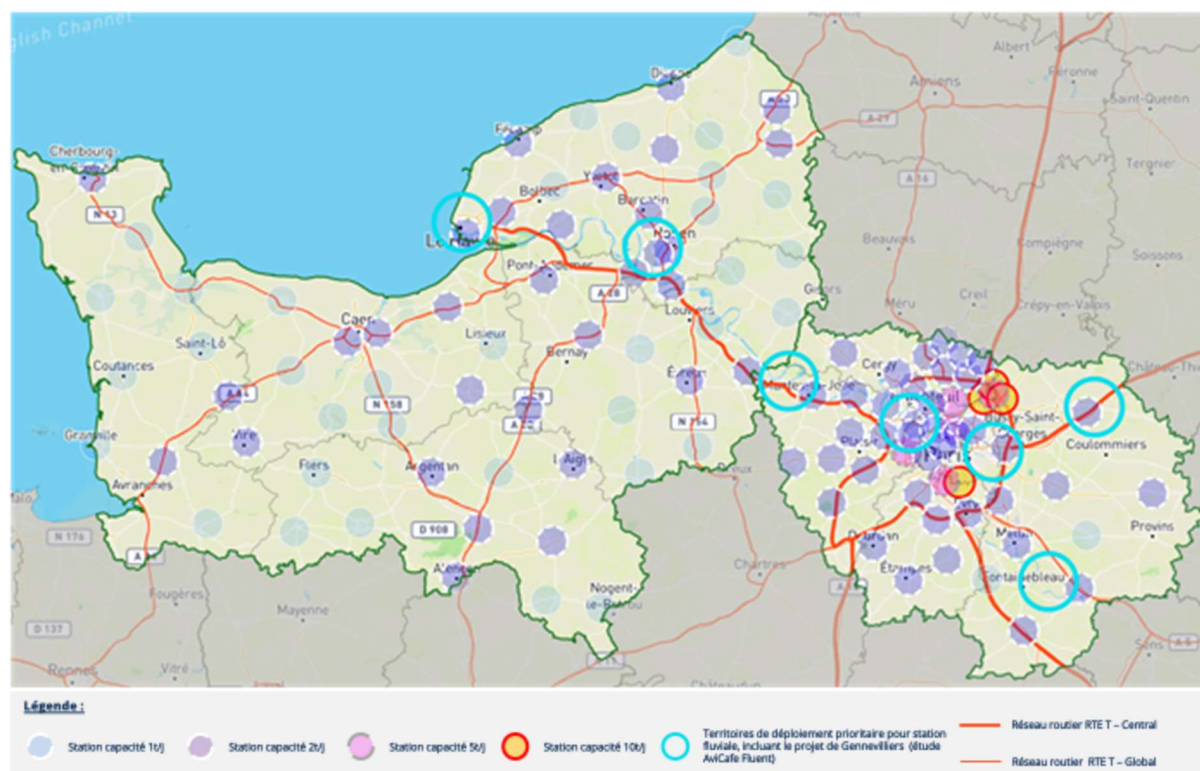


Figure 12 – Cartographie indicative des localisations des infrastructures de distribution à développer à 2035 (sans surcapacité)

Une cartographie complémentaire de 2035 a été réalisée pour laisser apparaître uniquement les stations le long de l'axe Seine. Cela représente un focus de 42 stations au total dont 12 en Normandie.

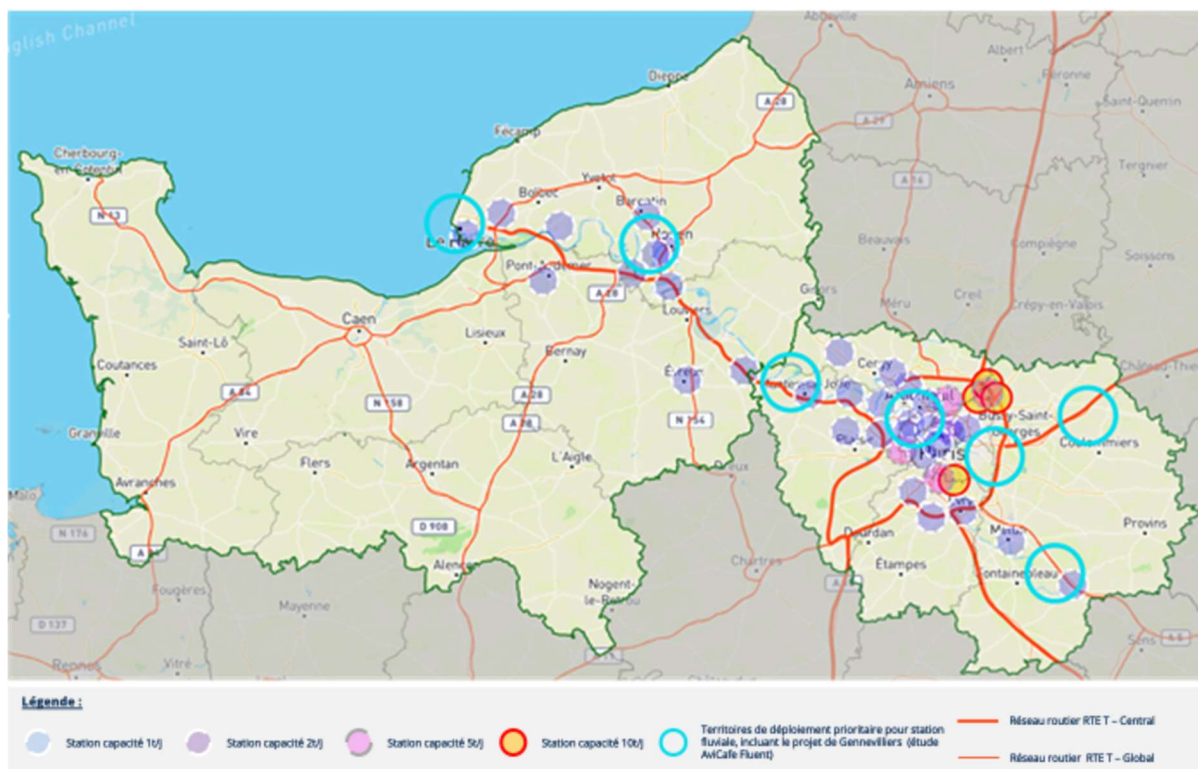


Figure 13 - Cartographie indicative des localisations des infrastructures de distribution à développer à 2035 le long de l'axe Seine (sans surcapacité)

5. Analyse du besoin en usages

La quantité d'usages du transport terrestre routier qui seraient adressés par le schéma directeur hydrogène correspondent à plus de **53 600 véhicules à 2030** et **156 500 à 2035**¹⁹, toutes typologies confondues, au sein de la Vallée de Seine.

Concernant le secteur industriel, la consommation H₂ à destination des industries lourdes correspond à une partie des besoins d'un site de production d'ammoniac et d'une raffinerie à horizon 2030 et 2035.

Le secteur de la production des e-carburants devrait produire un volume équivalent de 35,9 ktep d'e-carburants à partir des 39,9 kt d'H₂ consommés à horizon 2030. Cela représenterait donc environ 41,5% des e-carburants d'aviation durables en France, et environ 51,9% des e-carburants d'aviation durables en Vallée de Seine²⁰. A 2035, la production d'e-carburants s'élèverait à environ 154,9 ktep à partir de 172 kt d'H₂ consommés. Cette production d'e-carburants pourrait être partiellement produit en Vallée de Seine et importée pour le solde restant depuis d'autres régions françaises ou depuis l'étranger.

Coût du schéma directeur

Dans le cas du scénario de déploiement d'un tiers des productions d'hydrogène supplémentaires, dans l'optique de répondre à environ 60% des consommations prospectives totales en Vallée de Seine, une estimation du coût global de déploiement des infrastructures à horizon 2035 a été estimée. A noter que ce coût est bien une estimation du coût global des infrastructures et non le coût à porter pour les Régions et/ou l'État. De plus, les coûts présentés ici ont uniquement pour périmètre les infrastructures hydrogène, et ne prennent pas en compte notamment les investissements supplémentaires liés aux processus de fabrication des e-carburants.

L'estimation des coûts repose sur des références données par France Hydrogène ainsi que sur les ordres de grandeurs économiques observés dans les projets similaires de production et de distribution, avec une extrapolation des certains coûts des infrastructures de distribution de grande capacité. Une hypothèse de gain économique avec le volume a été apposée. Les OPEX ont été estimés à hauteur de 5% des CAPEX/an, quel que soit le type d'infrastructures.

Le coût d'investissement estimé pour le déploiement des infrastructures de production à hauteur de 520MW, réparties en 8 sites (1 de 250MW, 1 de 150MW et 6 de 20MW), s'élève à 1,23 milliards €. Les **coûts d'opérations et maintenance** de ces mêmes infrastructures ont été établies à hauteur de **61,7 M€/an**.

Le coût d'investissement estimée pour le déploiement des infrastructures de distribution, pour un total de 118 stations, s'élève à 1,22 milliards €. Les coûts d'opérations et maintenance de ces mêmes infrastructures ont été établies à hauteur de **60,9 millions €/an**.

¹⁹ Les hypothèses utilisées pour l'estimation du nombre de véhicules peuvent être retrouvées dans un autre livrable (cf note prospective) et correspondent au scénario retenu pour les 2 régions concernant le déploiement des typologies de flottes.

²⁰ Sur l'hypothèse que 80% des consommations d'e-CAD sont localisés en Vallée de Seine

Horizon 2035	Nombre/Volume supplémentaire	CAPEX	OPEX
Site de production d'H2 supplémentaires (dont H2 pour e-carburants)	520 MW	1,235 Mds€	61,75 M€/an
Distribution supplémentaire	118 stations	1,219 Mds€	60,95 M€/an
Total		2,45 Mds€ (hors coût des sites d'e-carburants)	122,7 M€/an

Tableau 4 - Estimation des coûts globaux des infrastructures supplémentaires de production et distribution d'H₂ à déployer

A titre d'information, l'estimation de coûts pour le déploiement de la totalité de la puissance électrolytique supplémentaire, soit 1,5 GW, nécessaire à horizon 2035 s'élèverait à 3,65Mds€.

Bénéfices sociaux-environnementaux

1. Réduction des émissions

Une estimation des émissions de CO₂ évitées a été réalisée afin d'observer l'impact du schéma directeur sur les émissions de gaz à effet de serre (GES). Pour réaliser cet exercice, des hypothèses ont été prises afin d'établir des montants de GES dans le scénario de référence et dans le scénario du schéma directeur. **Il s'agit ici d'une estimation macro des émissions évitées et non d'un bilan carbone.**

Le modèle de comptabilisation des émissions a été établi avec une vision de l'utilisation du produit final contenant l'hydrogène. Ainsi, les émissions de référence et du scénario du schéma directeur ont été imputées à la région accueillant les utilisateurs finaux du produit transformé à base d'H₂ ou de l'H₂ directement.

Les émissions de l'H₂ liés à sa production ont été établies au seuil de la réglementation européenne pour la qualification d'H₂ bas-carbone soit 3,38 kgCO₂eq/kg H₂. Les émissions de l'hydrogène sont nulles à l'utilisation ou combustion. Les émissions totales du diesel et du kérosène (amont et combustion) ont été pris respectivement à hauteur 3,85 kgCO₂eq/kg diesel_{PCI} et 3,81 kgCO₂eq/kg kérosène_{PCI}.

Concernant le secteur de la mobilité routière, le carburant de référence pris est le diesel pour l'élaboration du scénario de référence actuel. Dans le scénario du schéma directeur, les usages de véhicules à hydrogène ont été considérés comme substituant des véhicules diesel de même typologie.

Pour le secteur industriel, l'H₂ consommé a été pris en tant que H₂ matière pour les industries lourdes et comme substituant de l'H₂ produit par vaporeformage du méthane. Pour les industries diffuses, l'H₂ a été considéré comme H₂ pour chauffage et remplace donc du gaz naturel et les émissions de sa combustion.

Enfin, pour les secteurs des e-carburants, le carburant de référence pris est le kérosène pour le scénario de référence et le e-kérosène et l'H₂ direct dans les proportions du scénario du schéma directeur. L'origine du CO₂ incorporé dans les e-carburants a été établi dans les proportions suivantes : 10% de CO₂ biogénique et 90% de CO₂ fossile à 2030 ; 50% de CO₂ biogénique et 50% de CO₂ fossile à 2035 et 100% biogénique à 2040 afin de respecter la réglementation européenne. Les émissions du CO₂ fossile valorisé dans les e-carburants, provenant d'un industriel émetteur, ont été attribuées à 50% pour l'industriel et à 50% pour le transport aérien.

Typologie	Territoire	2030	2035
Transport terrestre	Île-de-France	195,2 ktCO2eq évitées	301,8 ktCO2eq évitées
	Normandie	40 ktCO2eq évitées	282,6 ktCO2eq évitées
	Vallée de Seine	235,2 ktCO2eq évitées	584,4 ktCO2eq évitées
Industries	Île-de-France	154,6 ktCO2eq évitées	161 ktCO2eq évitées
	Normandie	240,7 ktCO2eq évitées	665,5 ktCO2eq évitées
	Vallée de Seine	395,3 ktCO2eq évitées	826,5 ktCO2eq évitées
Production e-carburants	Île-de-France	191,2 ktCO2eq évitées	312,8 ktCO2eq évitées
	Normandie	2,6 ktCO2eq évitées	5,2 ktCO2eq évitées
	Vallée de Seine	193,8 ktCO2eq évitées	318 ktCO2eq évitées
TOTAL		824,3 ktCO2eq évitées	1 728,9 ktCO2eq évitées

Les émissions évitées en 2035 correspondent à une réduction de 2,5% par rapport aux émissions actuelles de Vallée de Seine s'élevant à 70Mt/an.

2. Emploi

Nombre de MW supplémentaires produits en Vallée de Seine en 2035	Estimation du nombre d'emplois directs créés par GW	Nombre d'emploi associé à la production supplémentaire d'H2 en 2035
520 MW	2500 ETP ²¹	1300 ETP

²¹ Étude à paraître, confidentielle à date

Feuille de route de déploiement des infrastructures

Une proposition de feuille de route de déploiement des infrastructures à horizon 2035 a été élaborée, en prenant en compte le rythme de déploiement des productions d'envergure prévues ayant passées le stade de FID ou en projet, ainsi que les projets de stations de distribution, notamment en se basant sur les annonces et la cartographie des projets faites par les Régions. A noter que les projets actuellement annoncés ont tous une date de mise en service pré-2030 et les projets de stations au plus tard en 2026.

Les temps de développement des projets appliqués pour les infrastructures de production et de distribution se basent sur les hypothèses énoncées précédemment dans ce document.

Ainsi l'échelonnement des nouvelles capacités à développer et la construction d'un rétroplanning avec les points d'étapes 2030 et 2035, démontrent les premiers projets de productions devraient être lancés dès 2026, notamment pour au moins un projet de mobilité de 20MW et le projet de production d'e-carburants de 250MW. Du côté de la distribution, 10 projets de nouvelles capacités devraient débuter dès 2025 si l'on souhaite qu'ils puissent être opérationnels en 2027. Le développement des capacités de distribution devrait suivre un rythme de 10 nouvelles stations de distributions livrées par an à partir de 2027.

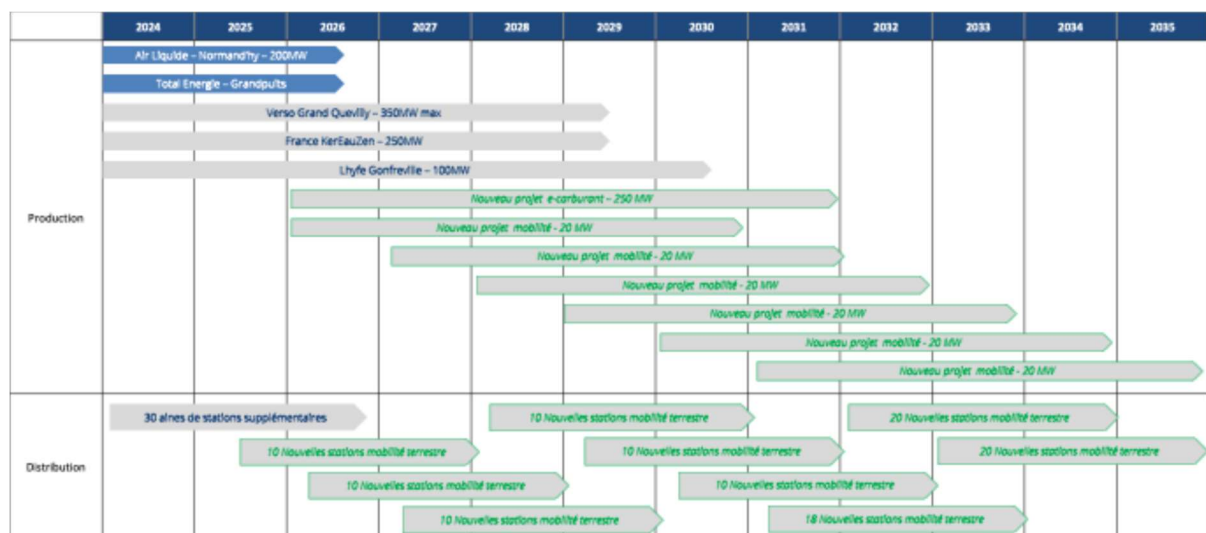


Figure 14 - Calendrier indicatif du rythme de déploiement des infrastructures entre 2025 et 2035

Mise en œuvre du schéma directeur d'infrastructure

1. Actions des Régions et de l'Etat

Les Région et l'État disposent de plusieurs leviers complémentaires pour soutenir la mise en œuvre de cette feuille de route à travers leurs compétences respectives.



Des actions sont déjà menées à l'échelle des deux Régions et par l'Etat pour soutenir le développement des infrastructures, des usages et de la filière hydrogène comme, par exemple, des stratégies régionales hydrogène (Plan Normandie Hydrogène ; Stratégie Île-de-France territoire hydrogène) et le financement de projets clés et d'études à la maille régionale ou encore l'animation régionale (Normandie Énergies ; Club hydrogène Île-de-France).

Les Régions et l'Etat poursuivront leur soutien à la filière hydrogène, et notamment à travers le CPIER Vallée de Seine qui prévoit une fiche action dédiée à l'hydrogène.

2. Modalités d'appropriation de l'étude par les acteurs de la chaîne de valeur de l'hydrogène

L'étude a vocation à partager avec les acteurs publics et privés de la Vallée de Seine, ou souhaitant y investir, des outils favorisant les nouveaux projets et leurs synergies :

- Une **cartographie récente des infrastructures existantes et des projets** en cours à la maille Vallée de Seine, respectant la confidentialité (production, transport, distribution) ;
- Une **vision des consommations prospective** envisagées à court terme sur les différents segments d'usages, et les territoires de la Vallée de Seine, représentant la vision partagée des Régions et de l'État ;
- Un **schéma directeur** présentant les principales infrastructures à mettre en place, tant sur la production que sur la distribution.

Cette section a donc vocation à présenter la manière dont les acteurs privés, publics, tout le long de la chaîne de valeur, présents ou non en Vallée de Seine, peuvent se saisir de cette étude pour maintenir la dynamique de déploiement des projets sur le territoire.

2.1 De nouveaux projets à développer pour adresser le potentiel H2 de la Vallée de Seine et décarboner les usages

L'étude confirme la dynamique en cours en Vallée de Seine avec de nombreux projets de toutes tailles, une diversité d'usages et des infrastructures existantes qui peuvent constituer autant d'appuis pour déployer de nouveaux projets : déjà une vingtaine de stations sont déployées, de l'H2 renouvelable est accessible et de nouveaux projets devraient contribuer à alimenter davantage le territoire en H2 et ses dérivés. Le déploiement d'infrastructures à l'échelle (production de grands volumes d'hydrogène, station de capacité d'1 tonne/jour) devrait permettre une baisse progressive des prix de l'H2 renouvelable et bas carbone en Vallée de Seine et renforcer l'intérêt économique d'usages H2 non fossile.

Un potentiel d'usages important a été identifié à horizon 2035, en particulier pour la mobilité routière, l'aviation ou le secteur maritime. Le potentiel d'usages adressables est encore important et constitue autant d'opportunités d'investir dans des infrastructures de production et de distribution, en particulier post-2030. La vision territoriale des potentiels de consommation et les temporalités de déploiement de ces usages, peuvent aiguillier les acteurs dans la définition de leurs projets (localisation, calendrier) et constituer un intrant pour leurs propres études d'opportunité.

Au-delà du potentiel de consommation, l'étude met également en lumière un certain nombre de projets clés à déployer d'ici à 2035, qu'il s'agisse de sites de production ou de distribution, avec des localisations indicatives reflétant les besoins locaux non adressés. Surtout, ces sites ont été définis afin d'assurer une complémentarité entre ces futurs projets et une utilisation raisonnable des ressources.

2.2 Des initiatives à structurer à la maille interrégionale pour favoriser les financements, les effets d'échelle et dérisquer les investissements

L'état des lieux a mis en avant les synergies potentielles entre les 2 principaux bassins que constituent la basse Seine et la zone dense francilienne. Il a également mis en avant la grande diversité d'usages de l'hydrogène en Vallée de Seine qu'il s'agisse d'utilisation directe ou d'utilisation de l'H2 en tant que matière première.

L'étude présente les acteurs clés engagés le long de l'axe dans le secteur de l'hydrogène, qu'il s'agisse de producteurs, de gestionnaire d'infrastructure ou de consommateurs actuels ou futurs d'hydrogène. Elle partage également des éléments sur la maturité et la temporalité de mise en œuvre des projets.

Les Régions et l'Etat encouragent dès lors les porteurs de projet à structurer des initiatives à la maille interrégionale pour bénéficier d'une plus grande assise en termes de potentiel de consommation, favorisant les économies d'échelle et l'optimisation des ressources foncières. Il s'agit, par exemple, de :

- Envisager un « *ramp-up* » de projets existants (production/distribution) au regard des usages potentiels à horizon 2035 et, inversement, pour les utilisateurs finaux d'hydrogène, d'étudier l'opportunité de bénéficier des projets existants ou à venir, y compris lorsqu'ils sont localisés dans une autre région de la Vallée de Seine
- Dimensionner des projets de production en mesure d'adresser les besoins des 2 régions, à la fois en hydrogène direct et en dérivés, mais aussi multi usages (maritime, aérien, industriels, routiers), à condition que des infrastructures adaptées reliant les deux territoires soient mises en place

- Soutenir des projets d'infrastructures interrégionaux tels qu'une canalisation de transport d'H2 par exemple, pour favoriser les liens entre productions centralisées, semi-centralisées ou les importations dans des territoires plus adaptés vers les bassins de consommation
- Préparer des déploiements de réseaux de stations à partir des premières infrastructures déployées en Île-de-France notamment, le long de l'axe Seine et sur le réseau RTE-global en particulier. L'utilisation de ces stations pourrait être assurée par des flottes professionnelles assurant des liaisons inter-régionales ou *long haul* transitant par la Vallée de Seine, et des acteurs publics recourant à l'hydrogène pour décarboner certains de leurs usages intensifs
- Envisager des modalités pour permettre aux acteurs de la Vallée de Seine de s'approvisionner sur le long terme en dehors du territoire pour compléter les besoins qui ne pourront pas être produits localement (import international ou en provenance d'autres territoires français)

Les clubs hydrogène des deux régions peuvent constituer un point d'entrée pour favoriser ces synergies et partager l'état des réflexions des différents acteurs.

Les caractéristiques de la Vallée de Seine et les dynamiques identifiées peuvent également servir de points d'appui pour élaborer des consortiums trans-régionaux favorisant le déploiement des projets : recherche de financement européens type CEF, Banque H2, Vallée Hydrogène, attraction des premières flottes de poids-lourds, etc.

2.3 Des orientations pour favoriser un déploiement harmonieux des projets, en lien avec l'émergence des usages et la disponibilité des ressources

Le schéma directeur ne constitue pas un exercice de planification détaillée et n'a pas vocation à brider les initiatives des acteurs privés et publics. Il porte une vision du développement des usages et des ressources disponibles et propose, à travers sa feuille de route, des lignes directrices pour la mise en œuvre de projets hydrogène. Il est notamment pris le postulat que l'ensemble des besoins de la Vallée de Seine ne pourront être couverts localement au regard des ressources électriques et foncières disponibles.

L'étude a donc vocation à permettre aux porteurs de projet d'analyser l'adéquation de leurs initiatives avec la vision portée au niveau interrégional :

- *mon projet de production s'intègre-t-il dans la trajectoire définie ?*
- *mon projet de station est-il cohérent avec les localisations préconisées dans le schéma directeur ?*
- *l'adoption de solutions H2 pour ma flotte professionnelle est-elle compatible avec les infrastructures de distribution existantes et à venir ?*

Le schéma directeur pourra permettre aux Régions d'orienter leurs soutiens vers les projets considérés comme prioritaires.

Ces orientations ont cependant vocation à être approfondie par les acteurs de la filière, tant du point de vue des opportunités réelles que de leur faisabilité technico-économique (logistique d'approvisionnement, besoin en réseau, en eau, en énergie et en foncier, ...), avec par exemple :

- Pour les porteurs de projets :

- Des études d'opportunité (recherche d'usages concrets) sur un territoire
- Des études de faisabilité pour des projets d'infrastructures, notamment au regard des ressources disponibles
- **Pour les gestionnaires d'infrastructure** : les évolutions réseaux à prévoir (électrique, gazier, etc.) et la temporalité afférente
- **Pour les acteurs disposant de foncier** : le moyen de les valoriser à travers des projets clés pour la décarbonation du territoire

2.4 Une transition hydrogène à accompagner avec des mesures favorisant la sobriété et l'acceptabilité des projets H2

Les deux Régions et l'Etat préconisent la sobriété énergétique. La mise en place de solutions H2 implique des consommations de ressources limitées (foncier, énergie, eau). Aussi, l'H2 renouvelable et bas carbone a vocation à être utilisé là où il apparaît indispensable (industrie, mobilité lourde et intensive, ...) et ces solutions doivent être accompagnées par des mesures visant à limiter la consommation d'énergie.

L'étude confirme que de nombreuses infrastructures et usages H2 ont vocation à émerger sur le territoire, parfois dans le cadre de projets industriels. Il est donc nécessaire d'accompagner ces transformations en partageant le sens de cette transition (H2 = un des leviers de décarbonation) et les impacts réels de ces projets dans les territoires accueillants ces infrastructures (risques, potentielles nuisances, etc.). Aussi les porteurs de projets, en lien avec les collectivités, ont vocation à favoriser l'acculturation des parties prenantes des projets, pour les infrastructures en particulier, afin renforcer l'acceptabilité des projets nécessaires à la décarbonation du territoire.

Annexes

1. Schéma des voies de synthèse des e-carburants

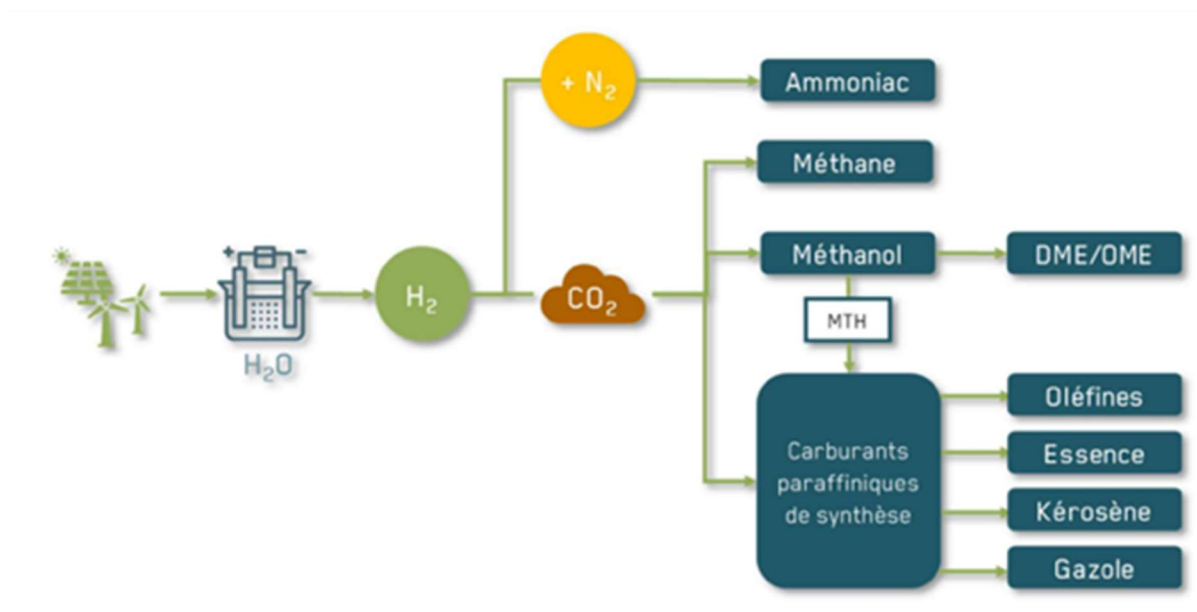


Figure 15 - Principales voies de synthèse des e-carburants (source : IFPEN)

2. Volumes de l'analyse d'écart offre / demande

Horizon	Territoire	Offre prévisionnelle	Consommations prospectives estimées	Écart
2030	Île-de-France	33kt	48kt	-15kt
	Normandie	129kt	76kt	53kt
	Non territorialisé	/	0,5kt	-0,5kt
	Vallée de Seine	162kt	124kt	38kt
2035	Île-de-France	33kt	77kt	-44kt
	Normandie	129kt	199kt	-70kt
	Non territorialisé	/	104kt	-104kt
	Vallée de Seine	162kt	380kt	-218kt

Tableau 5 – Données des volumes de l'analyse d'écart comparant l'offre prévisionnelle des productions existantes et en projet, et la demande prospectives des consommations par territoire à 2030 et 2035.

3. Estimation de la consommation électrique des productions supplémentaires du schéma directeur

Typologie	Île-de-France		Normandie		Vallée de Seine	
	Puissance électrolytique déployée	Consommation électrique estimée	Puissance électrolytique déployée	Consommation électrique estimée	Puissance électrolytique déployée	Consommation électrique estimée
Production mobilité (20MW)	2 sites 40MW	350 MWh/an	4 sites 80MW	700 MWh/an	8 sites 120MW	1 050 MWh/an
Production industrie – mobilité (150MW)	/	/	1 site 150MW	1 314 MWh/an	1 site 150MW	1 314 MWh/an
Production e-carburants	/	/	1 site 250MW	2 190 MWh/an	1 site 250MW	2 190 MWh/an
Total	40MW	350 MWh/an	480MW	4 204 MWh/an	520MW	4 554 MWh/an

Tableau 6 – Estimations des consommations électriques des productions supplémentaires à déployer dans le schéma directeur par région et secteurs.

4. Cartographies des infrastructures de distribution à développer à 2030

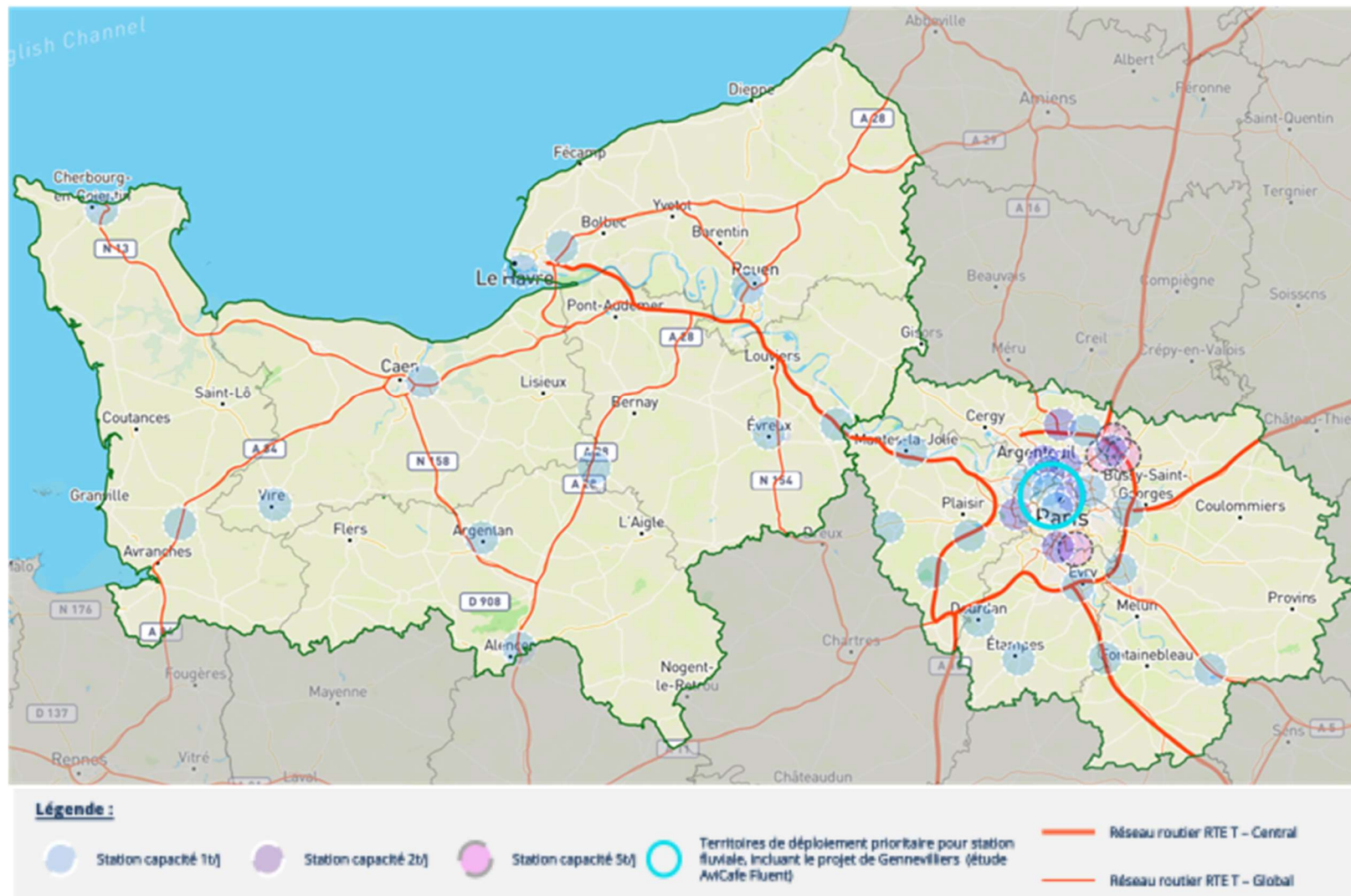


Figure 16 - Cartographie des localisations des infrastructures de distribution à développer à 2030 (sans surcapacité)

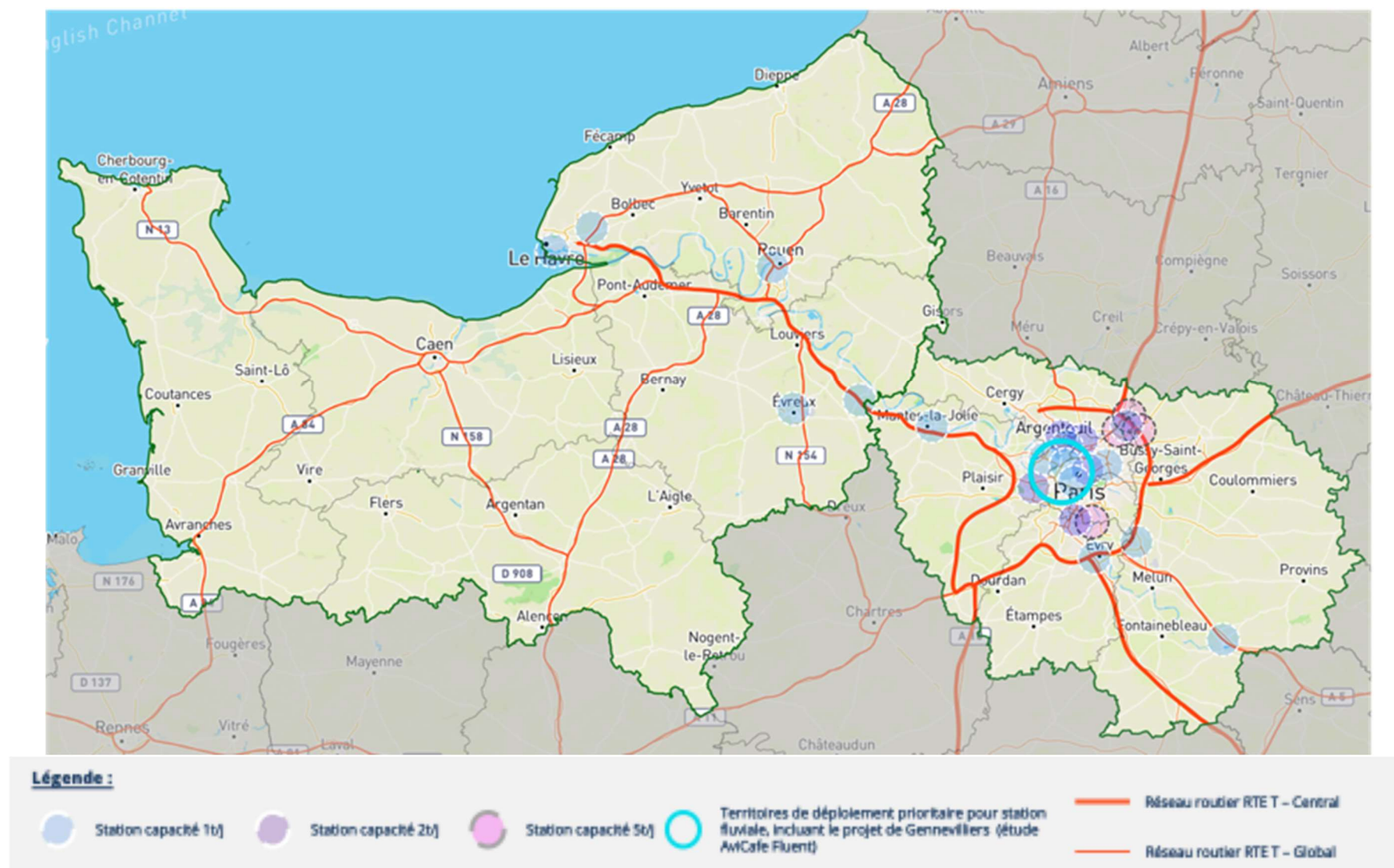


Figure 17 - Cartographie indicative des localisations des infrastructures de distribution à développer à 2030 **le long de l'axe Seine** (sans surcapacité)

5. Cartographies des infrastructures de distribution à développer à 2035

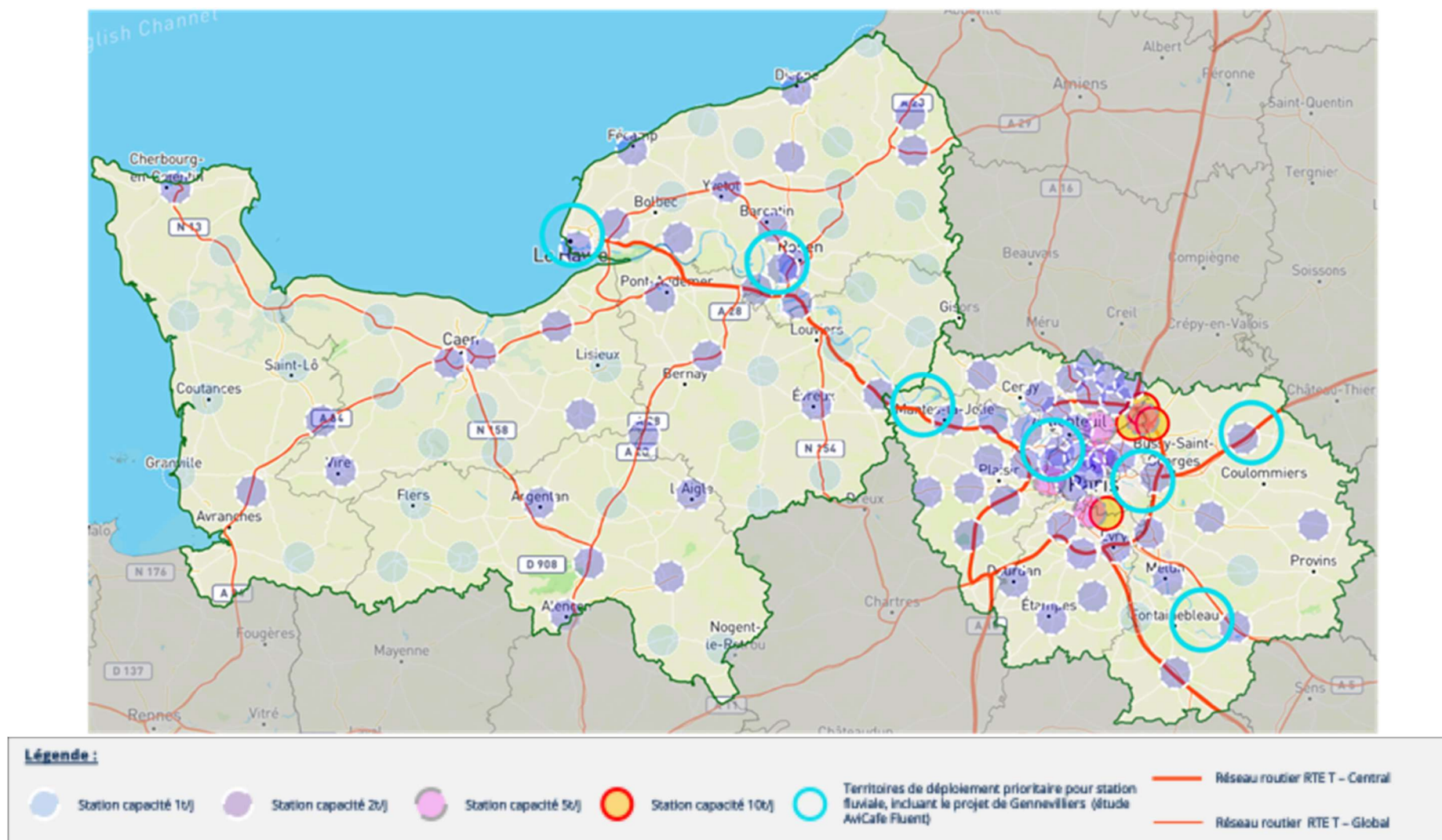


Figure 18 - Cartographie des localisations des infrastructures de distribution à développer à 2035 (sans surcapacité)

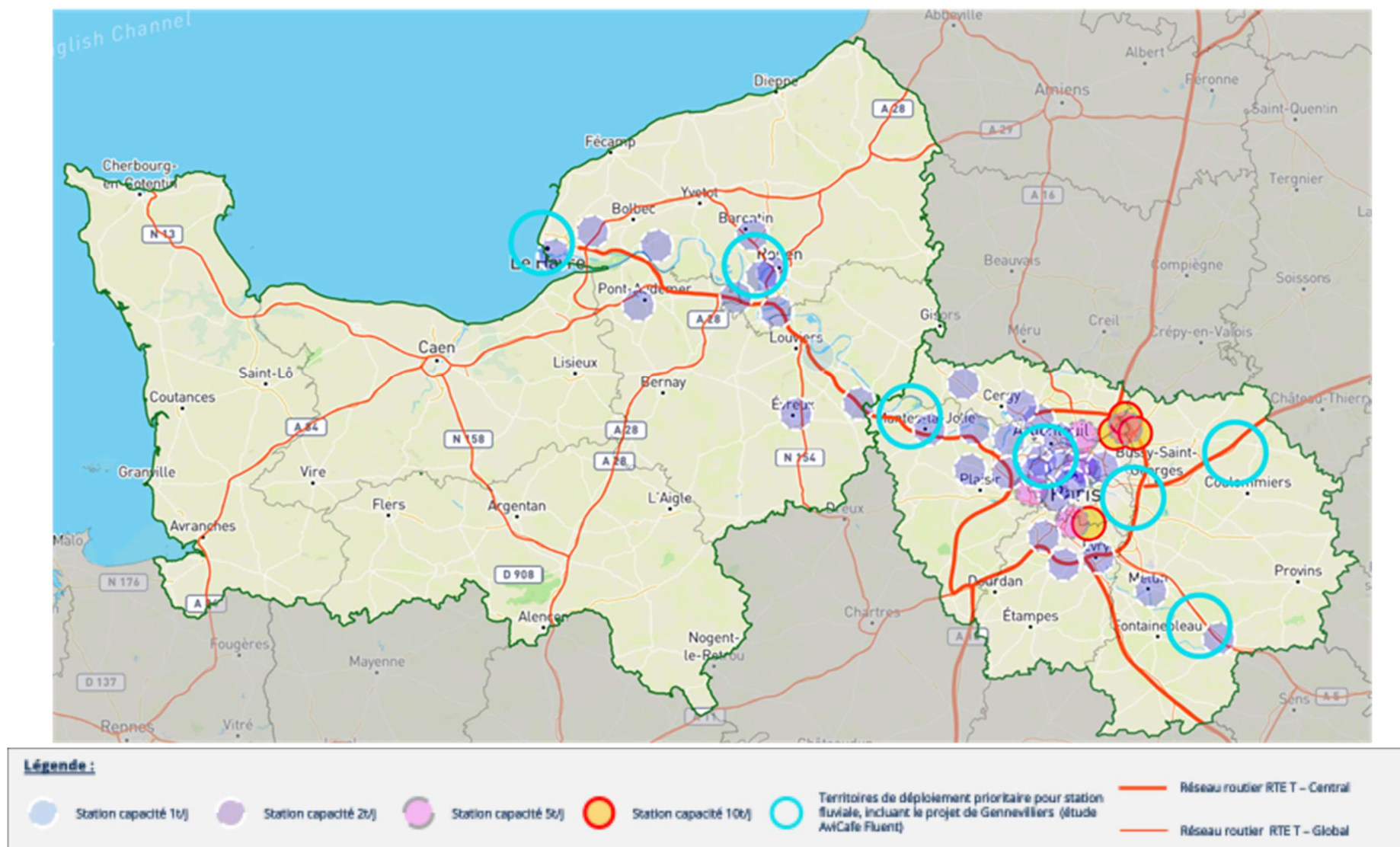


Figure 19 - Cartographie indicative des localisations des infrastructures de distribution à développer à 2035 **le long de l'axe Seine** (sans surcapacité)

6. Calendrier indicatif du rythme de déploiement des infrastructures (2025-2035)

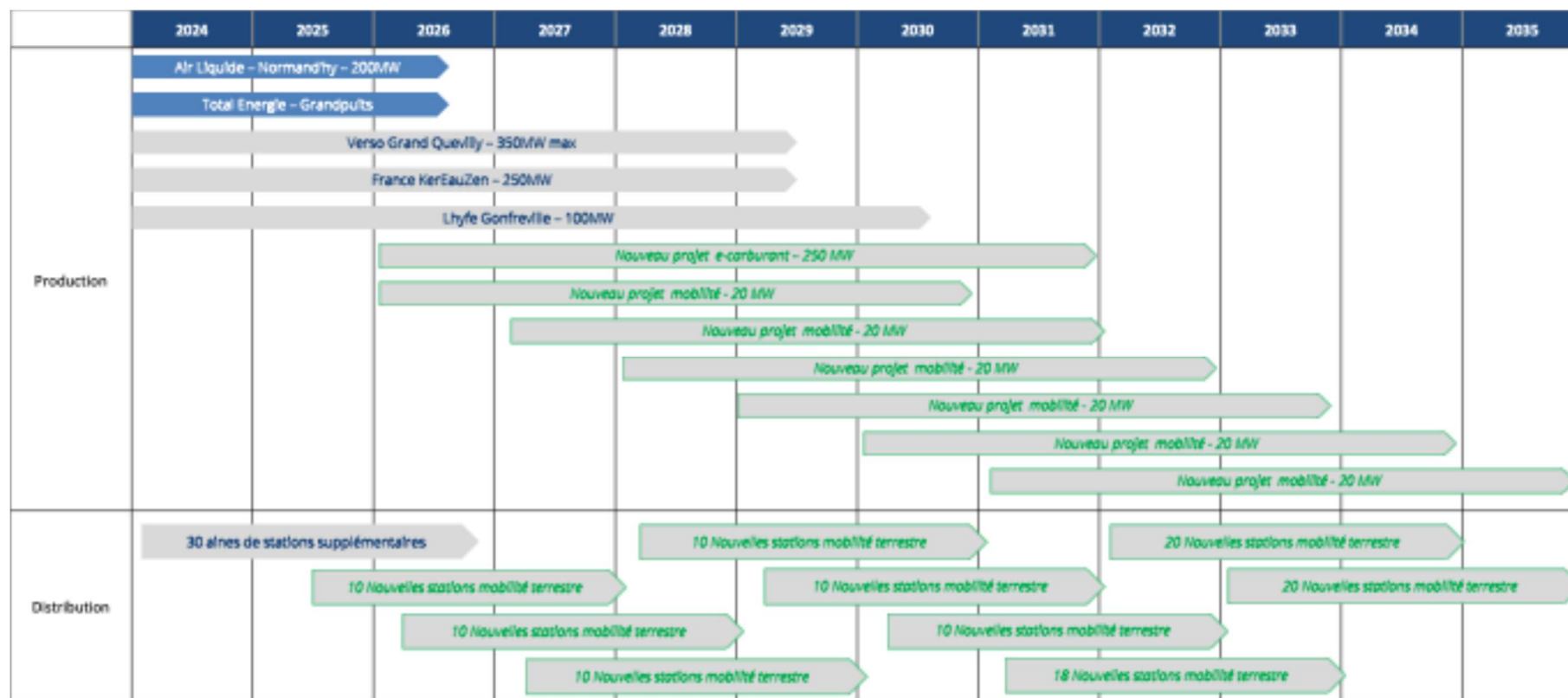


Figure 20 - Calendrier indicatif du rythme de déploiement des infrastructures entre 2025 et 2035

7. Volumes des consommations prospectives par territoire et usages à 2030

		2030															
		Mobilité routière				Mobilité Maritime		Aérien		Fluvial	Total mobilité	Industrie				Total (en tH2/an)	Ratio Industrie/mobilité
		VP	VUL	PL	Bus et autocars	Engins portuaires	Maritime captif	Engins aéro portuaires	H2 direct			Industries diffuses	e-carburants	Pétrochimie	Total industrie		
Ile de France	Essonne	56 th2	1 684 th2	411 th2	15 th2	th2	th2	th2	th2		2 165 th2	th2	th2	th2	th2	2 165 th2	0,0%
	Hauts-de-Seine	66 th2	1 938 th2	433 th2	39 th2	th2	th2	th2	th2		2 476 th2	th2	th2	th2	th2	2 476 th2	0,0%
	Paris	50 th2	1 924 th2	246 th2	46 th2	th2	th2	th2	th2		2 266 th2	th2	th2	th2	th2	2 266 th2	0,0%
	Seine-et-Marne	60 th2	1 888 th2	469 th2	20 th2	th2	th2	th2	th2		2 436 th2	223 th2	th2	20 000 th2	20 223 th2	22 659 th2	89,2%
	Seine-Saint-Denis	47 th2	2 594 th2	1 124 th2	7 th2	th2	th2	th2	th2		3 771 th2	13 th2	th2	th2	13 th2	3 784 th2	0,3%
	Val-de-Marne	44 th2	1 472 th2	342 th2	3 th2	th2	th2	th2	th2		1 862 th2	9 th2	th2	th2	9 th2	1 870 th2	0,5%
	Val-d'Oise	49 th2	1 592 th2	404 th2	11 th2	th2	th2	th2	th2		2 056 th2	2 th2	th2	th2	2 th2	2 058 th2	0,1%
	Yvelines	72 th2	1 622 th2	326 th2	17 th2	th2	th2	th2	th2		2 037 th2	47 th2	th2	th2	47 th2	2 085 th2	2,3%
	Total Ile de France	443 th2	14 714 th2	3 753 th2	158 th2	th2	th2	th2	th2		19 069 th2	294 th2	th2	20 000 th2	20 294 th2	39 363 th2	
Normandie	Calvados	325 th2	366 th2	207 th2	13 th2	th2	th2	th2	th2		910 th2	46 th2	th2	th2	46 th2	956 th2	4,8%
	Eure	283 th2	298 th2	146 th2	11 th2	th2	th2	th2	th2		737 th2	11 th2	th2	th2	11 th2	747 th2	1,4%
	Manche	233 th2	295 th2	128 th2	10 th2	th2	th2	th2	th2		666 th2	1 th2	th2	th2	1 th2	667 th2	0,1%
	Orne	125 th2	181 th2	82 th2	6 th2	th2	th2	th2	th2		395 th2	3 th2	th2	th2	3 th2	398 th2	0,7%
	Seine-Maritime	617 th2	645 th2	326 th2	26 th2	th2	th2	th2	th2		1 614 th2	8 126 th2	39 890 th2	23 400 th2	71 416 th2	73 030 th2	97,8%
	Total Normandie	1 583 th2	1 784 th2	889 th2	66 th2	th2	th2	th2	th2		4 322 th2	8 186 th2	39 890 th2	23 400 th2	71 476 th2	75 798 th2	
Sites spéciaux	Aéroport - Roissy Charles de Gaulle							3 850 th2	1 917 th2		5 767 th2					5 767 th2	
	Aéroport - Orly							1 650 th2	821 th2		2 471 th2					2 471 th2	
	Ports franciliens					24 th2					24 th2					24 th2	
	Ports de Seine Maritime					208 th2	73 th2				281 th2					281 th2	
	Non territorialisable									455 th2	455 th2					455 th2	
Total sites spéciaux		th2	th2	th2	th2	232 th2	73 th2	5 500 th2	2 738 th2	455 th2	8 998 th2	th2	th2	th2	th2	8 998 th2	
Total Vallée de Seine		2 026 th2	16 498 th2	4 642 th2	224 th2	232 th2	73 th2	5 500 th2	2 738 th2	455 th2	32 388 th2	8 480 th2	39 890 th2	43 400 th2	91 770 th2	124 158 th2	

Tableau 7 – Volumes prospectifs par usages avec répartition territoriale, à horizon 2030 (exprimés en tonnes d'H₂)

8. Volumes des consommations prospectives par territoire et usages à 2035

		2035																	Total (en tH2/an)	Ratio Industrie/mobilité
		Mobilité routière				Maritime		Aérien		Fluvial	Total mobilité	Industrie								
		VP	VUL	PL	Bus et autocars	Engins portuaires	Maritime captif	Engins aéro portuaires	H2 direct			Industries diffuses	Ammoniac	e-carburants	Pétrochimie	Total industrie				
Ile de France	Essonne	46 th2	3 750 th2	472 th2	18 th2	th2	th2	th2	th2	th2	4 286 th2	th2		th2		th2	th2	4 286 th2	0,0%	
	Hauts-de-Seine	55 th2	4 317 th2	497 th2	49 th2	th2	th2	th2	th2	th2	4 918 th2	th2		th2		th2	th2	4 918 th2	0,0%	
	Paris	41 th2	4 285 th2	283 th2	58 th2	th2	th2	th2	th2	th2	4 667 th2	th2		th2		th2	th2	4 667 th2	0,0%	
	Seine-et-Marne	50 th2	4 205 th2	539 th2	24 th2	th2	th2	th2	th2	th2	4 818 th2	852 th2		th2	20 000 th2		20 852 th2	25 671 th2	81,2%	
	Seine-Saint-Denis	39 th2	5 782 th2	1 292 th2	8 th2	th2	th2	th2	th2	th2	7 121 th2	50 th2		th2		th2	50 th2	7 171 th2	0,7%	
	Val-de-Marne	36 th2	3 278 th2	393 th2	4 th2	th2	th2	th2	th2	th2	3 711 th2	33 th2		th2		th2	33 th2	3 744 th2	0,9%	
	Val-d'Oise	40 th2	3 546 th2	464 th2	14 th2	th2	th2	th2	th2	th2	4 064 th2	9 th2		th2		th2	9 th2	4 073 th2	0,2%	
	Yvelines	59 th2	3 613 th2	375 th2	21 th2	th2	th2	th2	th2	th2	4 068 th2	181 th2		th2		th2	181 th2	4 249 th2	4,3%	
Total Ile de France		366 th2	32 778 th2	4 315 th2	196 th2	th2	th2	th2	th2	th2	37 655 th2	1 125 th2	th2	th2	20 000 th2		21 125 th2	58 781 th2		
Normandie	Calvados	1 344 th2	2 518 th2	4 193 th2	163 th2	th2	th2	th2	th2	th2	8 218 th2	175 th2		th2		th2	175 th2	8 393 th2	2,1%	
	Eure	1 169 th2	2 056 th2	2 956 th2	136 th2	th2	th2	th2	th2	th2	6 317 th2	41 th2		th2		th2	41 th2	6 358 th2	0,6%	
	Manche	964 th2	2 034 th2	2 606 th2	131 th2	th2	th2	th2	th2	th2	5 735 th2	2 th2		th2		th2	2 th2	5 737 th2	0,0%	
	Ome	518 th2	1 253 th2	1 666 th2	80 th2	th2	th2	th2	th2	th2	3 517 th2	11 th2		th2		th2	11 th2	3 528 th2	0,3%	
	Seine-Maritime	2 547 th2	4 445 th2	6 632 th2	333 th2	th2	th2	th2	th2	th2	13 957 th2	3 159 th2	7 300 th2	73 000 th2	76 650 th2		160 109 th2	174 066 th2	92,0%	
	Total Normandie		6 542 th2	12 367 th2	18 053 th2	843 th2	th2	th2	th2	th2	th2	37 745 th2	3 388 th2	7 300 th2	73 000 th2	76 650 th2		160 338 th2	198 082 th2	
Sites spéciaux	Aéroport - Roissy Charles de Gaulle							5 442 th2	7 665 th2		13 107 th2						th2	13 107 th2		
	Aéroport- Orly							2 332 th2	3 285 th2		5 617 th2						th2	5 617 th2		
	Ports franciliens					36 th2					36 th2						th2	36 th2		
	Ports de Seine Maritime					332 th2	250 th2				582 th2						th2	582 th2		
	Non territorialisable									4 545 th2	4 545 th2			99 147 th2			99 147 th2	103 692 th2		
Total sites spéciaux		th2	th2	th2	th2	368 th2	250 th2	7 774 th2	10 950 th2	4 545 th2	23 887 th2	th2	th2	99 147 th2	th2		99 147 th2	123 034 th2		
Total Vallée de Seine		6 908 th2	45 085 th2	22 368 th2	1 039 th2	368 th2	250 th2	7 774 th2	10 950 th2	4 545 th2	99 287 th2	4 513 th2	7 300 th2	172 147 th2	96 650 th2		280 610 th2	379 897 th2		

Tableau 8 – Volumes prospectifs par usages avec répartition territoriale, à horizon 2035 (exprimés en tonnes d'H₂)

9. Cartographie indicative des infrastructures de production à développer à 2035

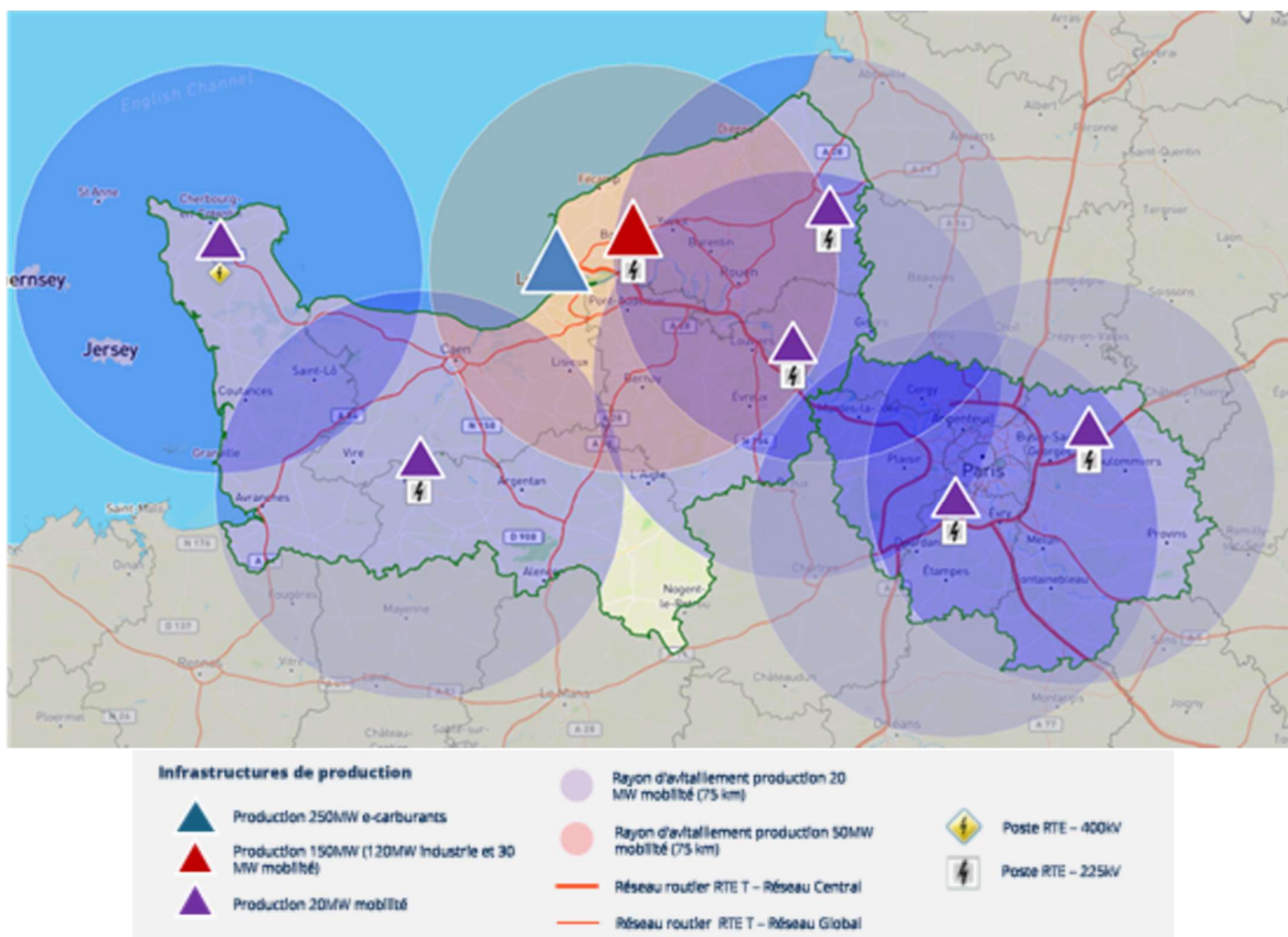


Figure 21 - Cartographie indicative des localisations des infrastructures de production supplémentaires à développer d'ici 2035

10. Cartographie du réseau de transport électrique en Vallée de Seine

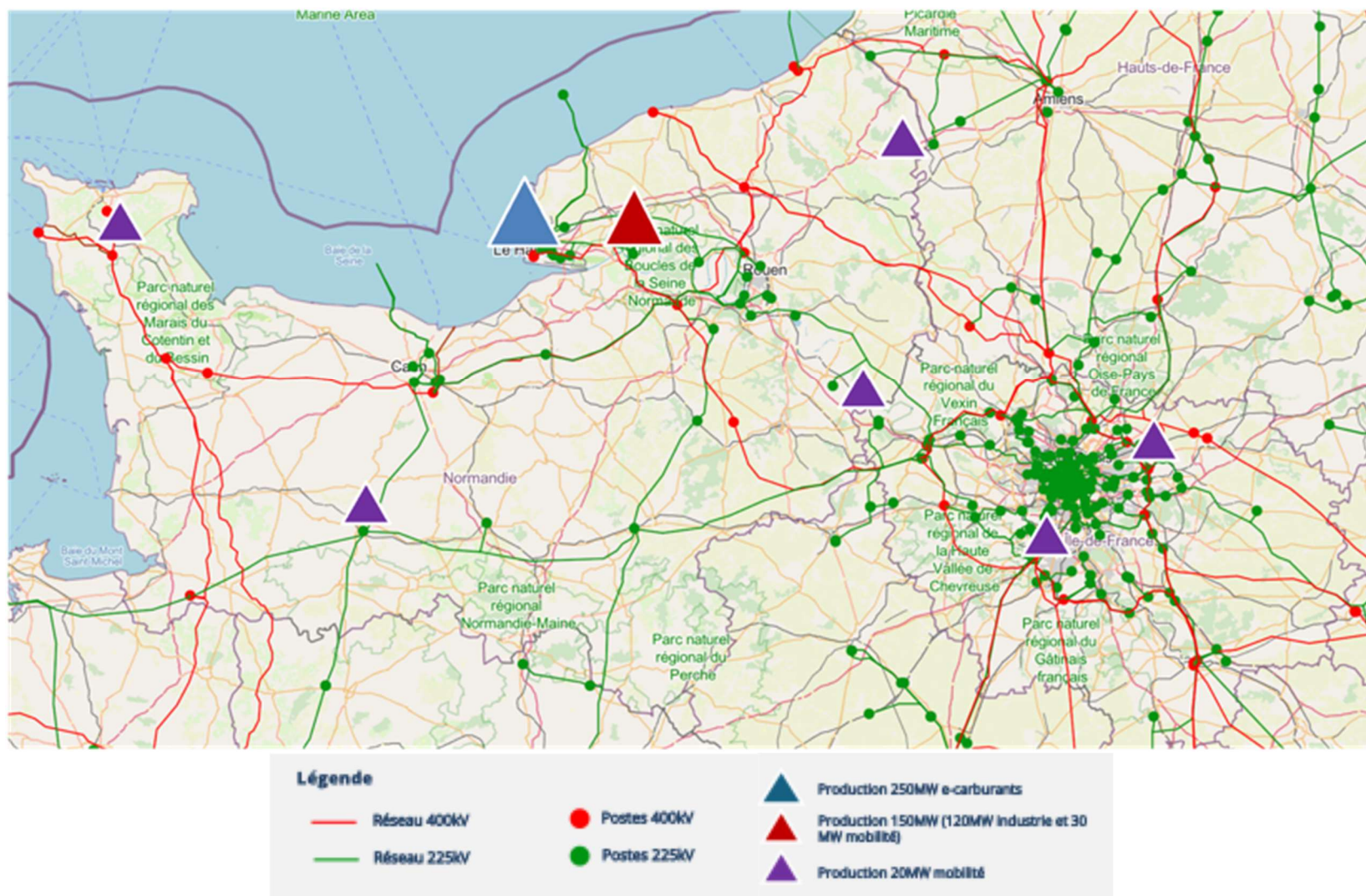


Figure 22 - Carte du réseau de transport d'électricité en Vallée de Seine (Source : RTE)