

CLUB DE NICE
Energie et géopolitique

XVIII FORUM ANNUEL

**PERSPECTIVES DE L'HYDROGENE
AU NIVEAU EUROPEEN**

1-2 décembre 2020



Hydrogène et soutenabilité
économique:
la France a encore de
nombreux défis à relever

Jean-Pierre Ponsard

Chaire Energie et Prospérité

CNRS Ecole Polytechnique



La chaire Energie et Prospérité

- Fondée en 2015
- Partenaires: ADEME, Agence Française de Développement, Caisse des Dépôts, ENGIE, SNCF
- 4 domaines :
 - Politiques sectorielles
 - Régulation et financements innovants
 - Enjeux Macro-Economiques et sociétaux
 - Accès universel à l'énergie



Politiques sectorielles

- Thèmes de recherches:
 - Mobilité et infrastructure durable
 - Transition énergétique et villes intelligentes
 - Energies renouvelables
 - Innovation et changement technologique
- APR Finance Climat ADEME :
Coordination d'Expérimentations Locales pour la Transition Énergétique (CELTE)



Le plan hydrogène français

- ▶ 7,2 MM€ 2020→ 2030
- ▶ 3,4 MM€ 2020→2023 avec 4 priorités
 - ▶ Décarboner l'industrie (raffinage, chimie, aciéries, cimenteries..)
 - ▶ Électrolyseur + briques technologiques
 - ▶ Soutien aux projets
 - ▶ Mobilité VUL, camions, bus, trains...
 - ▶ Production de véhicules
 - ▶ Soutien aux projets territoriaux
 - ▶ Nouveaux usages: réseaux électriques, réseaux de gaz, avions, navires...
 - ▶ Développer une industrie compétitive sur toute la chaîne de valeur dans le cadre d'une stratégie européenne



- *AXE 2 la mobilité lourde*

- VUL, camions, bus, trains...

- Approches régionales

- Coordonner offre demande au niveau de l'hydrogène

- Approche globale

- Diminuer les coûts des véhicules

- *Quelques apports de la théorie économique*



Sources

- Etudes de cas
- Policy Briefs :
 - Note IPP: Quelles politiques publiques pour la filière hydrogène ? Les enseignements tirés du cas des bus urbains
 - I4CE invite: Hydrogène: La France a encore de nombreux défis à relever
- Publications académiques:
 - *Defining the Abatement Cost in Presence of Learning-by-doing: Application to the Fuel Cell Electric Vehicle.*
 - *Optimal policy and network effects for the deployment of zero emissions vehicles*
- Ateliers et conférences
 - 12 octobre 2020 Atelier sur le plan hydrogène
 - 27 octobre 2020 Virtual Forum on the Hydrogen Economy ISSD Zurich

Etudes de cas

7

Liverpool HyNet NW

Rotterdam H-Vision

Zones portuaires 2018

EAS-HyMob 2014



Hype 2015

JIVE 2016

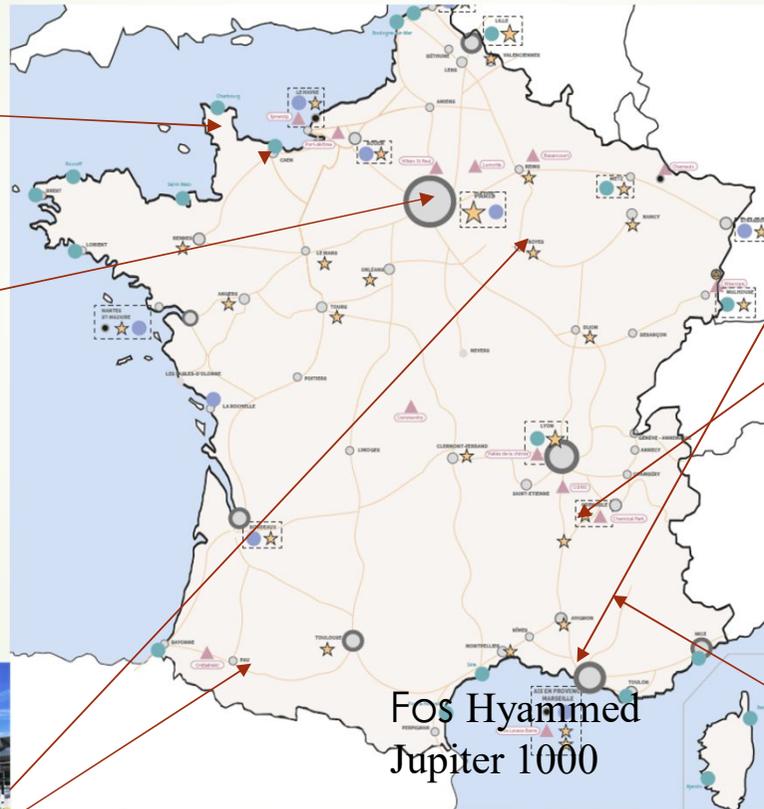


Fos Hyammed
Jupiter 1000

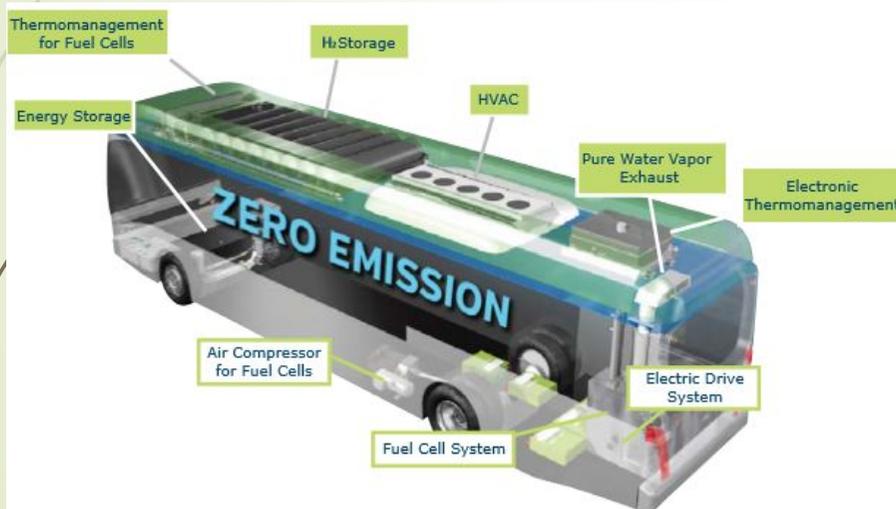
Zero Emission Valley 2017



HyGreen 2018



Les villes s'engagent vers une mobilité propre Quels avantages pour les bus hydrogène par rapport au bus à batterie ?



- Autonomie 450 versus 200 km
- Performance par tous les temps
- Recharge rapide
- Recyclage
- Dépendance moindre vis-à-vis des terres rares, lithium, cobalt (mais dépendance au platine)

Mais un prix des véhicules plus élevé
650 k€ vs 470 k€

Coût total de possession en 2020
Pour les bus urbains H2, batterie et diesel

TCO 2020 (€/km)	FCEB	BEB	BD
Prix d'achat (€)	650 000	470 000	210 000
km/an	40 000	40 000	40 000
<i>capital immobilisé</i>	1,71	1,23	0,55
<i>maintenance</i>	0,40	0,80	0,30
<i>frais de personnel</i>	2,63	2,63	2,63
<i>fuel</i>	0,80	0,31	0,48
Total	5,53	4,97	3,96

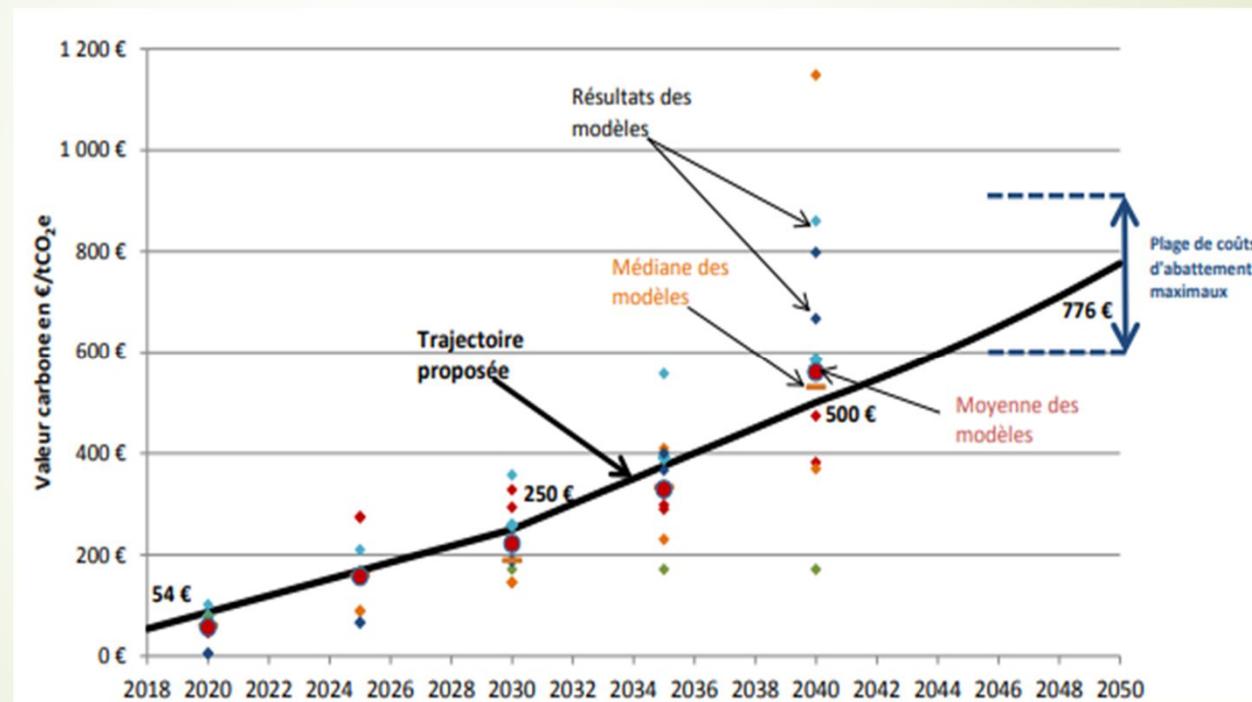
Coût total de possession en 2020 Pour les bus urbains H2, batterie et diesel

TCO 2020 (€/km)	FCEB	BEB	BD
Prix d'achat (€)	650 000	470 000	210 000
km/an	46 000	40 000	40 000
<i>capital immobilisé</i>	1,48	1,23	0,55
<i>maintenance</i>	0,40	0,80	0,30
<i>frais de personnel</i>	2,28	2,63	2,63
<i>fuel</i>	0,80	0,31	0,48
Total	4,97	4,97	3,96

Il suffit que les bus hydrogène parcourt 15 % de km/an en plus pour que leur TCO soit égal à celui des BEB

La valeur sociale du carbone

France Stratégie, La valeur de l'action pour le climat, Une valeur tutélaire du carbone pour évaluer les investissements et les politiques publiques, Février 2019, p.124



Du TCO au coût d'abattement

TCO 2020 (€/km)	FCEB	BD
Prix d'achat (€)	650 000	210 000
km/an	46 000	40 000
<i>capital immobilisé</i>	1,48	0,55
<i>maintenance</i>	0,40	0,30
<i>frais de personnel</i>	2,28	2,63
<i>fuel</i>	0,80	0,48
Total	4,97	3,96
coût abattement €/tCO2	Hydrogène - électrolyse	
émissions gCO2/km	0	1 200
sans coût social local	841	

Calcul de coût abattement H2 en remplacement de diesel

Écart de coût = 4,97 – 3,96 = 1,01 €/km

CO2 évité = 1200 gCO2/km

Coût ramené à la tonne de CO2 = 1,01/1200 (*1000000)= 841 €/tCO2

Alors que la valeur tutélaire du CO2 préconisée par le rapport Quinet est 54 €/tCO2 !!!

Mais ce calcul ne tient compte ni des effets sur la santé

Prendre en compte l'impact des émissions locales sur la santé

Quinet E., (2013), L'évaluation socioéconomique des investissements publics, Tome 1, page 45.

Valeurs tutélaires

Valeurs tutélaires pour le transport routier (émissions dues à la combustion et à l'usure)

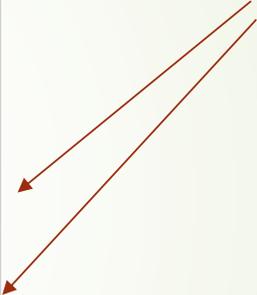
€/2010/100 véh.km	Urbain très dense	Urbain dense	Urbain	Urbain diffus	Interurbain
VP	11,1	3,1	1,3	1,0	0,9
VP diesel	13,8	3,8	1,6	1,3	1,0
VP essence	4,5	1,3	0,6	0,5	0,5
VP gpl	3,5	1,0	0,4	0,3	0,1
VUL	22,0	6,1	2,5	1,9	1,5
VU diesel	22,9	6,3	2,6	2,0	1,6
VU essence	6,3	1,9	0,9	0,8	0,8
PL diesel	186,6	37,0	17,7	9,4	6,4
Deux-roues	8,7	2,5	1,0	0,8	0,5
Bus	125,4	24,8	11,9	6,3	4,2

Déclinaison par Norme Euro des coûts des émissions de NO_x, SO₂, COVNM et PM_{2,5} dues à la combustion des VP et VUL : voir le détail dans le rapport.

VP : véhicule particulier ; VUL : véhicule utilitaire léger ; VU : véhicule utilitaire ; PL : poids lourd.

Impact des émissions locales sur le coût d'abattement

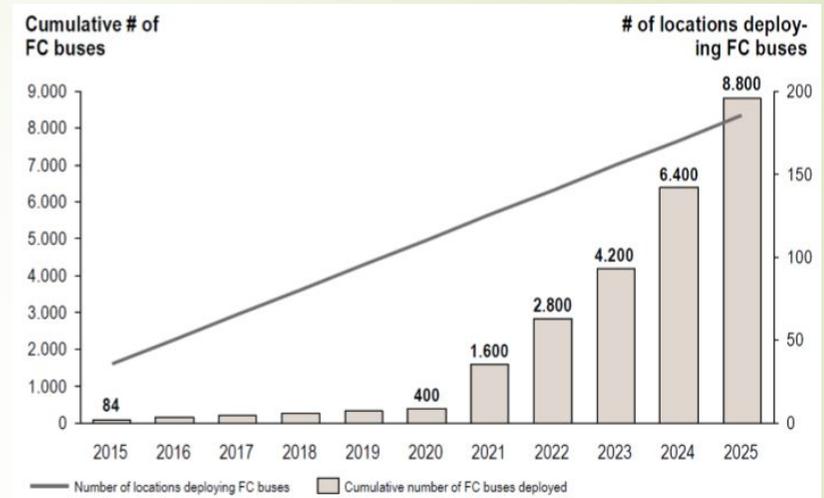
coût abattement €/tCO2	Hydrogène - électrolyse
émissions gCO2/km	0
sans coût social	841
avec coût social local (urbain dense)	618
avec coût social local (urbain très dense)	-289



14

Le coût du fuel pour BD augmente +,27 €/km pour urbain dense et + 1,36 €/km pour urbain très dense

TCO bus H2 (€/km)	2025	2020
Prix d'achat (€)	450 000	650 000
km/an	46 000	46 000
capital immobilisé	1,03	1,48
maintenance	0,40	0,40
frais de personnel	2,28	2,28
prix unitaire (kg H2, kWh, l)	7,0	10,0
consommation au km	0,08	0,08
fuel	0,56	0,80
Total	4,27	4,97
coût abattement €/tCO2	Hydrogène - électrolyse	Hydrogène - électrolyse
sans coût social local	356	841
urbain dense	51	618



Impact d'une baisse de coût des véhicules et du prix de l'hydrogène sur le coût d'abattement (650 k€ → 450 k€ et 10 €/kg H2 → 7 €/kg H2)

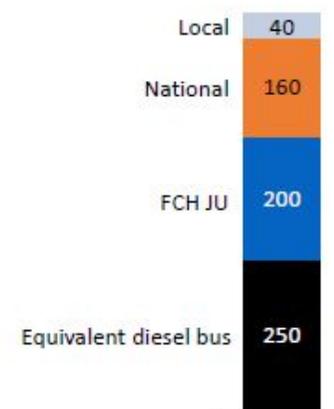
JIVE 2017-2023 Joint Initiative for Hydrogen Vehicles across Europe

- Favoriser un meilleur échange d'informations ;
- Mettre en place des opérations jointes;
- Servir de levier pour le financement ;

Région	#FCEB JIVE 1	#FCEB 2020 et au delà
Benelux	50	136
France	15	49
Allemagne/Italie	88	177
Europe Nord Est	50	147
Grande Bretagne	88	136
Total	291	645

Illustrative funding strategy for covering the capex of a FC bus in JIVE

Values in €k per bus*



* NB this excludes operating costs and costs associated with hydrogen refuelling infrastructure

Source Skiker, Hydrogen Europe



Deployment sites in JIVE and JIVE 2, as of July 2020



● JIVE buses
 ● JIVE 2 buses
 ● MEHRLIN HRS*
 *Hydrogen Refuelling Station

WHERE BUSES WILL BE DEPLOYED

The table below shows planned deployments of FCBs in the JIVE and JIVE 2 projects.

CITY/REGION	Total number of buses
Aberdeen, UK	21
Auxerre, France	5
Barcelona, Spain	8
Birmingham, UK	20
Brighton, UK	22
Charleroi, Belgium	10
Cologne, Germany	50
Dundee, UK	12
Emmen, The Netherlands	10
Gelderland, The Netherlands	10
Groningen, The Netherlands	20
London, UK	20
Pau, France	5
Rhein Main, Germany	10
South Holland, The Netherlands	20
South Tyrol, Italy	12
Toulouse, France	5
Velenje, Slovenia	6
Wuppertal, Germany	20

* Four buses remain under review

Source <https://fuelcellbuses.eu/publications>

Swiss eco-system sets the stage for commercial roll-out of heavy duty trucks

Hyundai H2 Energy



H2-Truck-Fleet

- Range 400 km
- Total weight 34 t
- 'Pay-per-use' Model
- 1500 trucks in 2025

Petrol Station owners – H2 Mobility Association
Avia, Agrola, Coop/CMA, Migrol, Shell, Socar, Tamoil

H2 Refueling Station
50 – 100 HRS by 2023



Alpiq H2 Energy Linde



Renewable Energy

H2-Production

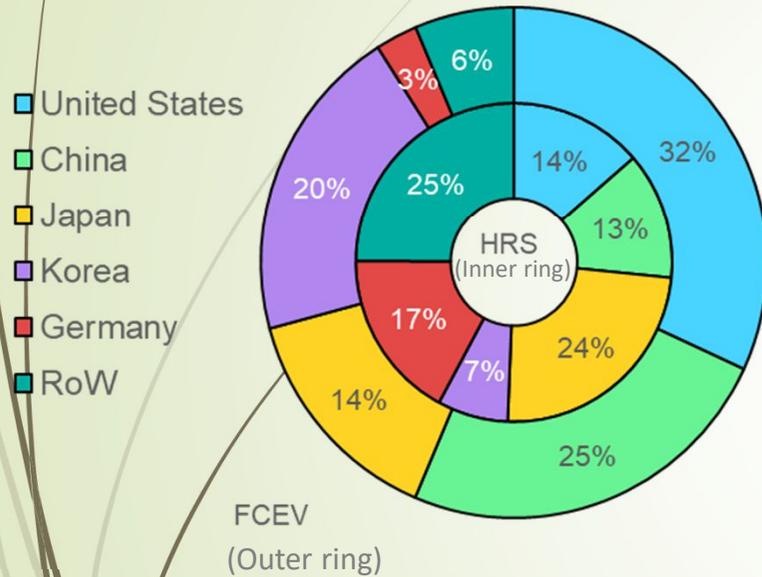
- 100 MW by 2023
- Decentralized locations

H2-Logistics

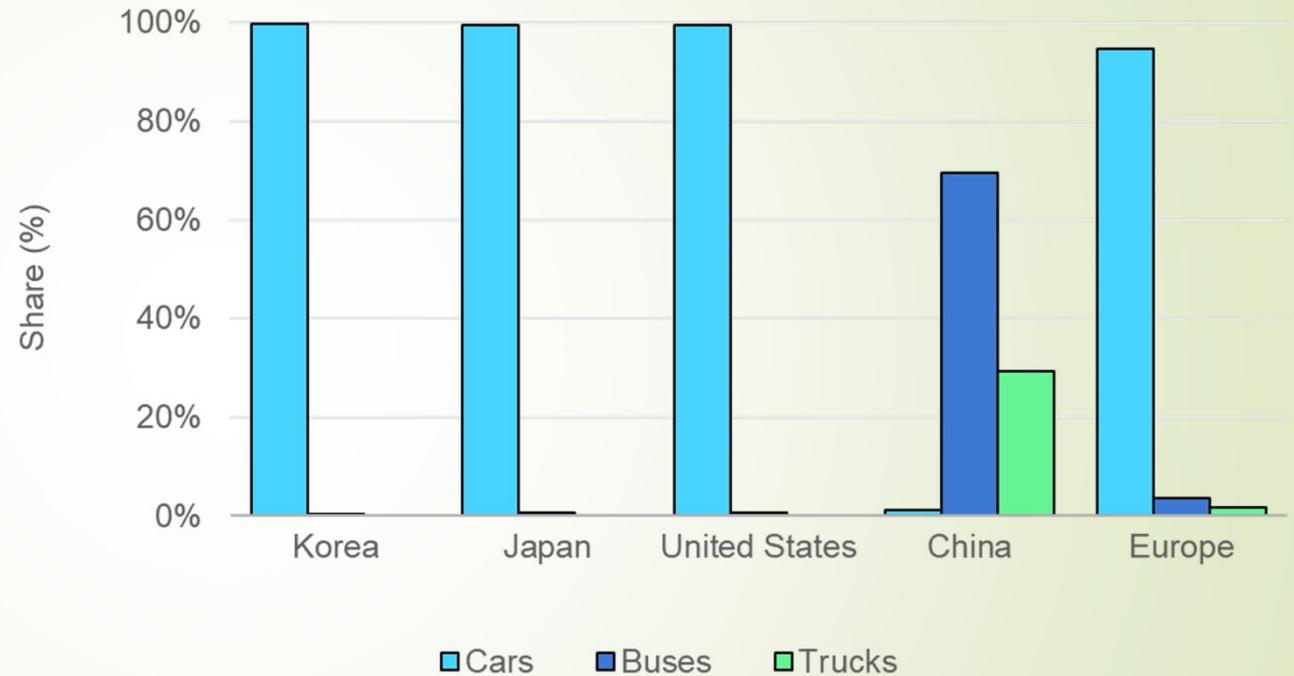
Global shares of fuel cell electric vehicles and hydrogen refuelling stations, 2019

全球燃料电池汽车和加氢站分布，2019年

FCEV (25 210 worldwide) and HRS (470)



Share of type of fuel cell vehicle by country
(Global: cars 75%, buses 18% and trucks 7%)



Note: Global fleet shares include fuel cell electric passenger cars, buses and trucks.

Source: Advanced Fuel Cell Technology Collaboration (AFC TCP)

Etudes de cas

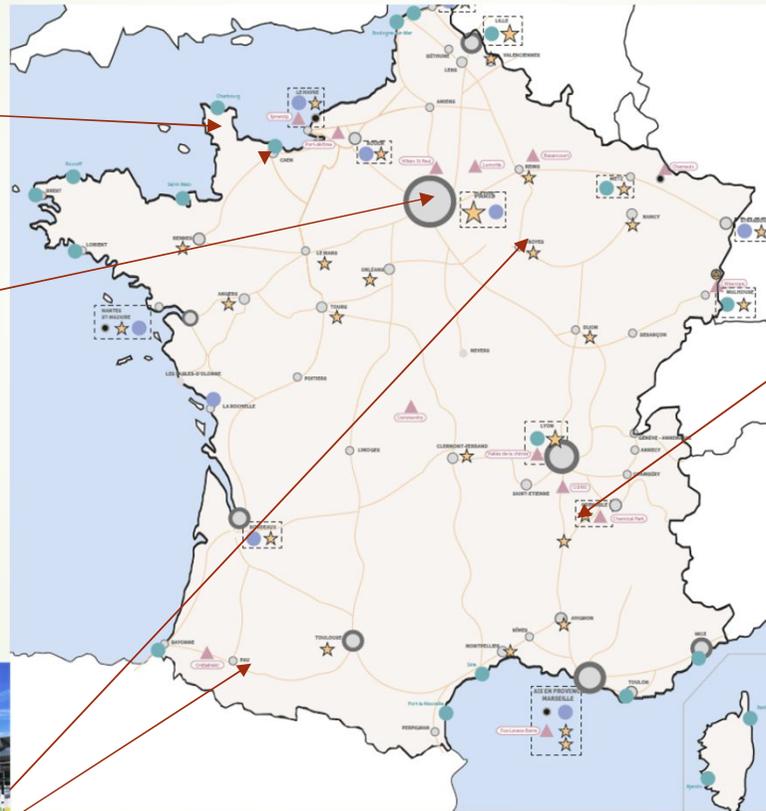
20

EAS-HyMob
2014



Hype
2015

JIVE 2016



Zero Emission Valley
2017





Les défis à relever pour le plan français pour les approches régionales

➤ Véhicules

- Baisse des coûts des véhicules
- Articulation entre déploiements régionaux et européen
- Transfert d'expérience entre régions
- Présence faible des OEM français

➤ Infrastructure

- Difficultés de coordination locale (opérateurs, fournisseurs d'énergie, collectivités locales)
- Difficultés à coordonner les différents niveaux d'aides (local, régional, national, européen)
- Mutualisation entre les usages (VUL, trains, camions)



➤ **Merci pour votre attention**

<http://www.chair-energy-prosperity.org/>