



Programme de la matinée
(Animation : Jean-Michel LOBRY)

9h30 Ouverture du webinaire

9h45 Introduction par Thierry GUIMBAUD, Directeur général de VNF

10h Étude « FLUENT », une expertise robuste pour une feuille de route ambitieuse

Temps 1

* Richard TLAGONE, Responsable de programmes de recherche au sein du centre de résultats Transports, IFP Énergies nouvelles (IFPEN)

* Joris MELGAR, Chef de projet « Analyses technico-économiques et environnementales de la Mobilité », IFPEN

* Cécile COHAS, Référente nationale transition énergétique, VNF

* Thomas DOUBLIC, Chef du département du transport fluvial (DGITM)

11h00 Des exemples inspirants de réalisations pour chaque étape de la transition

Temps 2

➤ **Agir Tout de suite :**

* Aurélie MILLOT, Directrice adjointe du développement de VNF

* Benoit SEIDLITZ, Adjoint au Directeur de l'aménagement, HAROPA PORT

* Imed HAMMOUDA, Chef de projets transition énergétique, VINCI Construction Maritime et Fluvial

➤ **Viser 2030 :**

* Cécile COHAS, Référente nationale transition énergétique, VNF

* Antonio PIRES DA CRUZ, Responsable du programme carburants, IFPEN

* Clément LEROY, Responsable BE Naval, SEGULA

➤ **Se préparer à 2050 :**

* Lionel ROUILLON, Directeur du développement, VNF

* Pierre LEDUC, Chef de projet pile à combustible, IFPEN

* Matthieu BLANC, Directeur général de la Compagnie fluviale de transport (CFT), Vice-Président d'Entreprises fluviales de France (E2F)

* Thomas DOUBLIC, Chef du département du transport fluvial (DGITM)

12h20 Conclusion par Floriane TORCHIN, Directrice des transports ferroviaires et fluviaux et des ports (DGITM) et Thierry GUIMBAUD, Directeur général de VNF

12h30 Fin du webinaire

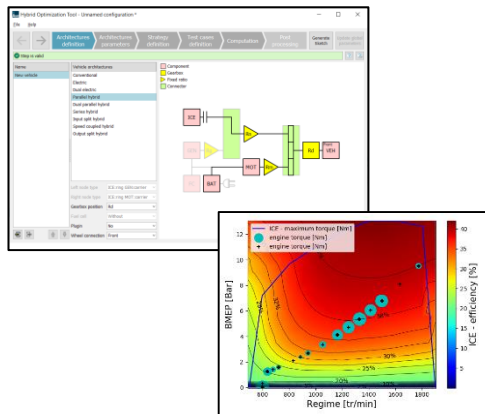
Analyse multicritère du verdissement du secteur fluvial

Preuve de concept méthodologique sur le bassin Rhône Saône

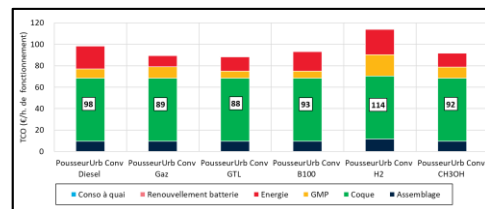


- Connaître l'état actuel de la **flotte** du bassin Rhône Saône et ses **besoins**
- Identifier les **solutions technologiques et les vecteurs énergétiques** pertinents pour la transition énergétique du secteur fluvial
- Elaborer des **scenarii prospectifs** de verdissement de la flotte

Modélisation énergétique

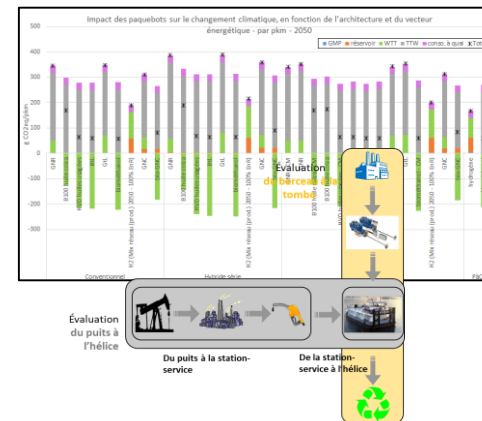


Comparaison technico-économique



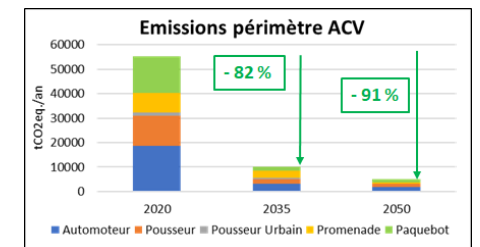
$$TCO = \frac{\text{Investissements (€)} + \sum \text{coûts actualisés(€)}}{\sum \text{Heures de fonctionnement}}$$

Analyse environnementale



Projection de la composition de la flotte

Optimisations sous contraintes intégrant l'ensemble des analyses de l'étude



Analyse multicritère du verdissement du secteur fluvial

Périmètre de l'étude



Familles de bateaux

- Automoteur
- Pousseur
- Pousseur urbain
- Promenade
- Paquebot



Architectures

- Conventionnel
- Hybride Série
- Hybride parallèle
- Electrique à batterie
- Pile à combustible



Vecteurs énergétiques

- GNR
- B100 (oléo100)
- HVO
- GTL/BTL
- GNC/biogaz
- Hydrogène
- Méthanol
- Electricité

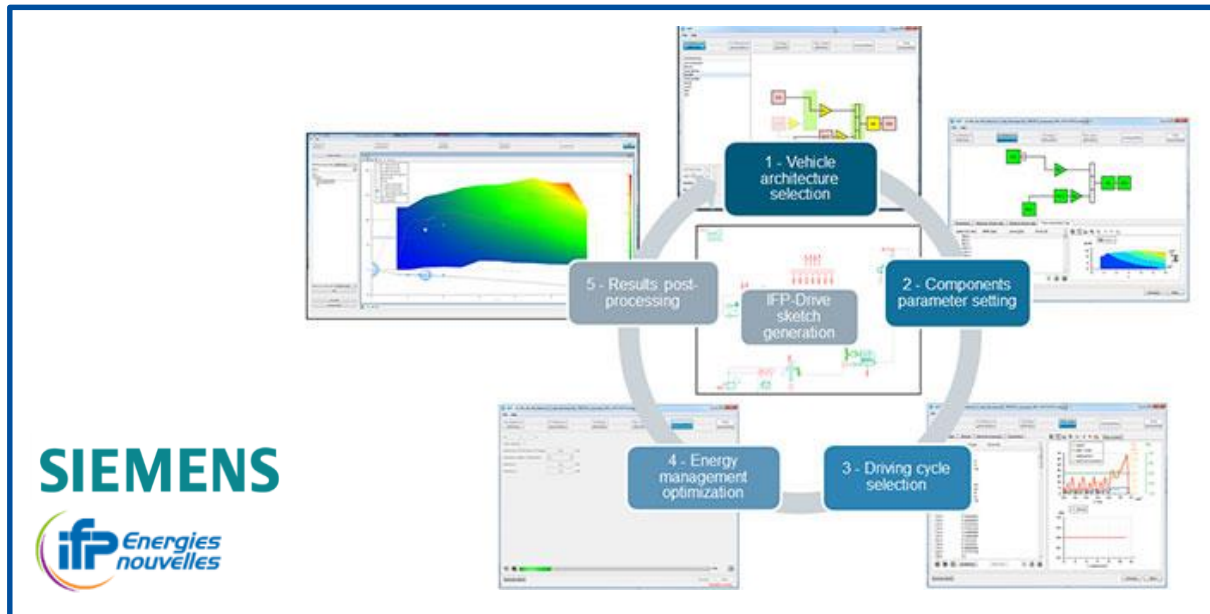
Horizons temporels

- 2020
- 2035
- 2050

- Étude limitée à la flotte du bassin Rhône Saône
- Multiplicité des configurations conduisant à plus de 300 cas modélisés

Analyse multicritère du verdissement du secteur fluvial

Phase 2 – Simulation système pour le calcul de la dépense énergétique



- Analyse qui s'appuie sur des données de demandes de puissances représentatives des usages propres à chaque typologie du bassin Rhône Saône (issues de PROMOVAN)
- Exploitation de la simulation système pour l'analyse énergétique des systèmes de propulsion (logiciel Simcenter Amesim édité par Siemens)
- Les consommations alimentent les analyses technico-économiques et cycle de vie des phases 3 et 4

Illustration du workflow de l'outil HOT de Simcenter Amesim

Phase 3 – Energétique – Simulation système

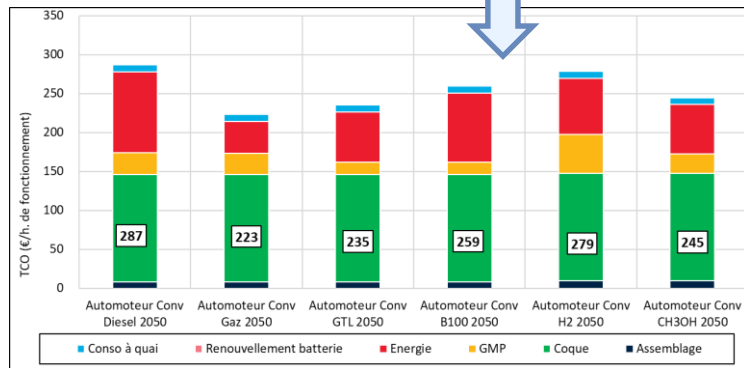
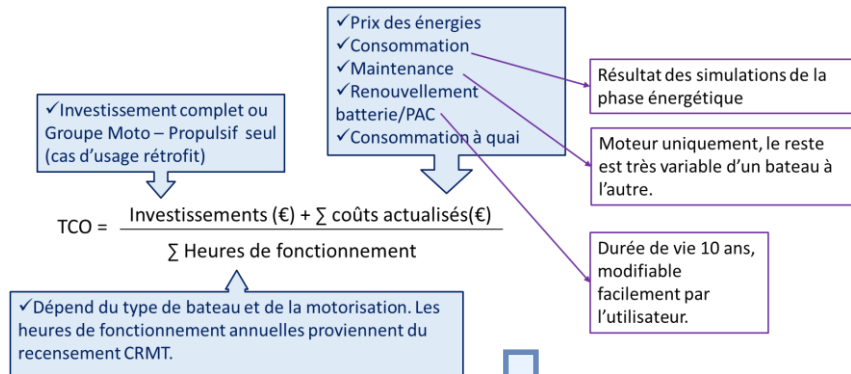
Phase 3 – Technico-économique

Phase 4 – Analyse Cycle de vie

Consommations énergétiques (propulsion)

Analyse multicritère du verdissement du secteur fluvial

Phase 3 – Comparaison du cout total de possession des technologies



Quelques conclusions...

- En 2020, aucun carburant ne se démarque par son intérêt économique. B100 et Gaz se situent au niveau du Diesel. En revanche l’hydrogène et le méthanol en combustion entraînent une forte hausse du TCO.
- Le passage à une hybridation parallèle ne modifie pas le bilan économique, le gain en consommation de carburant est compensé par la hausse de l’investissement GMP. L’hybridation Série entraîne une hausse importante du TCO (taille batterie).
- En 2050, Biogaz et BtL sont les solutions au meilleur bilan économique. L’hydrogène est comparable à ses concurrents et le Diesel compte parmi les configuration au plus haut coût.
- La PAC H2 entraîne une multiplication du TCO par 2 en 2020, et reste 20 à 30% plus chère que le Diesel conventionnel en 2050.
- Tous ces résultats économiques doivent désormais être associés aux performances environnementales des différentes configurations (ACV) afin d’identifier les trajectoires de transition les plus intéressantes.

Analyse multicritère du verdissement du secteur fluvial

Phase 4 – Analyse environnementale via méthode **Analyse Cycle de Vie**



Objectif : analyser les **potentiels impacts environnementaux des architectures et des vecteurs énergétiques sélectionnés**, pour les différentes applications retenues en phase 2, à l’horizon actuel, moyen (2035) et long terme (2050)

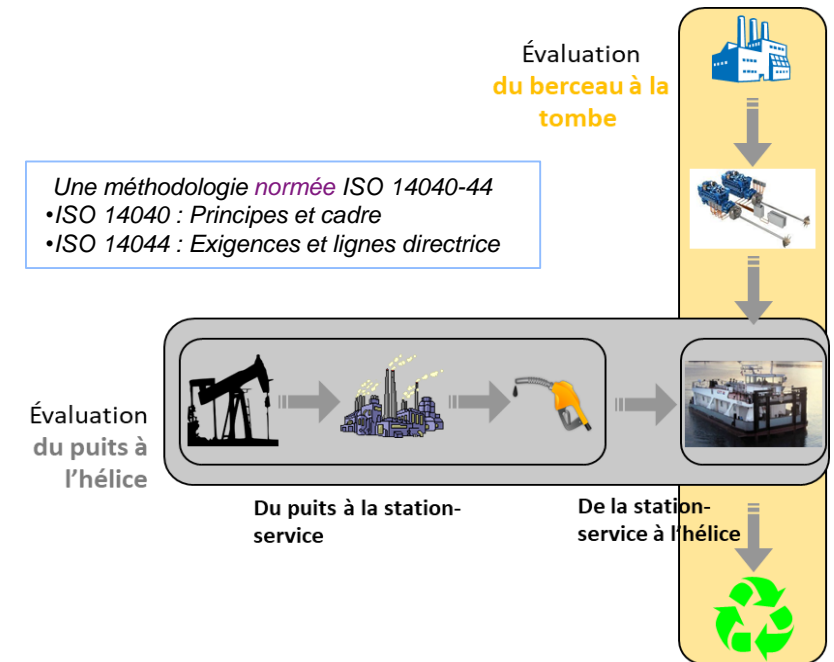
Pour chaque application, comparaison des performances des différentes architectures (avec différents vecteurs)

Unité fonctionnelle retenue : **transporter xx t (ou personnes) sur xx km par an pendant 20 ans** (durée de vie groupe motopropulseur) → Analyse des résultats par t.km ou p.km

Impacts environnementaux analysés (pouvant provenir du cycle de vie des vecteurs, mais aussi de celui des équipements) :

- Impact *global* sur le **changement climatique** : émissions de GES
- impact *local* sur la **qualité de l’air/santé humaine** : formation de particules fines
- éventuellement, impact *local* sur les **écosystèmes aquatiques** : écotoxicité aquatique

→ Méthode de caractérisation issue des recommandations européennes : Environmental Footprint v3.0

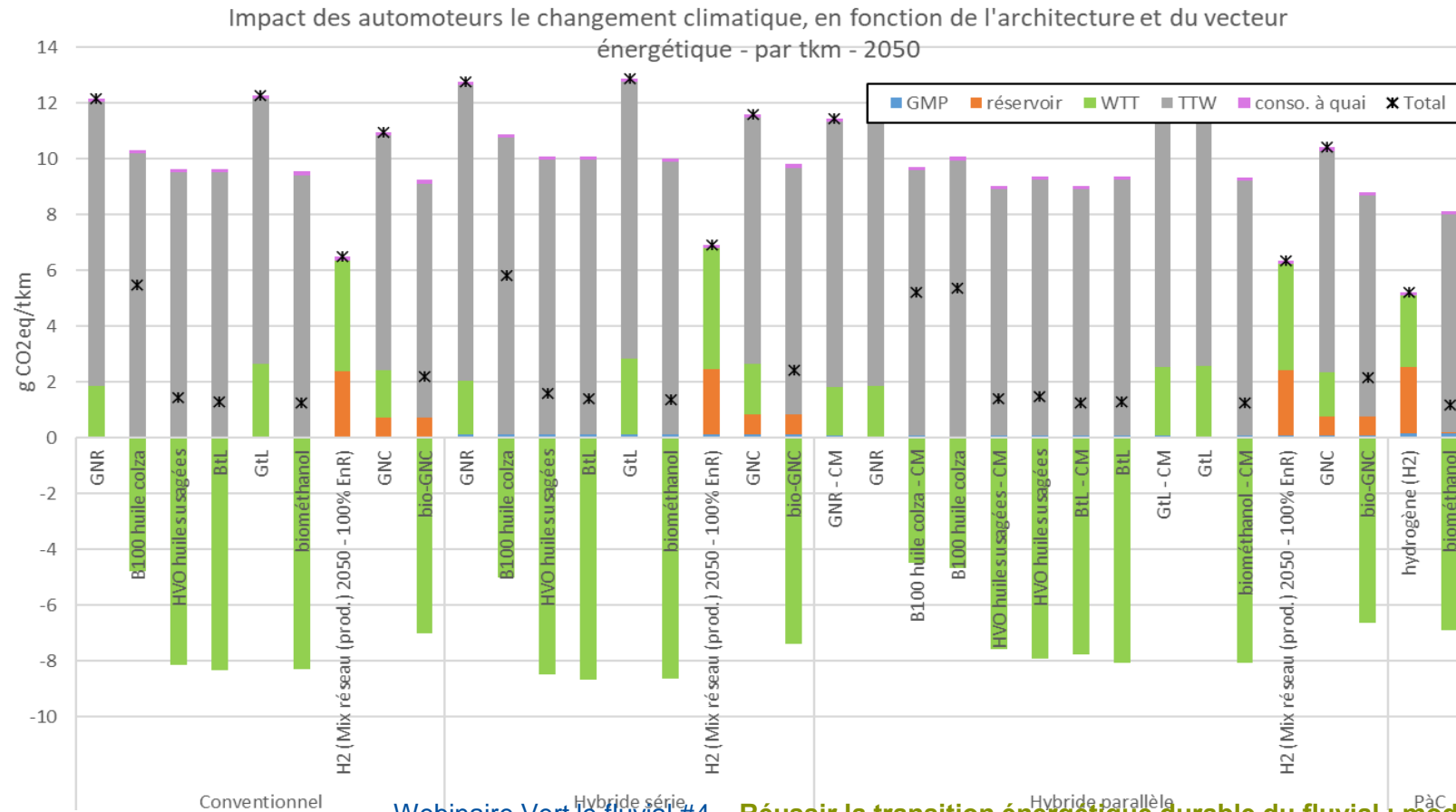


Automoteur – horizon **actuel**

Analyse multicritère du verdissement du secteur fluvial

Phase 4 – Analyse environnementale via méthode **Analyse Cycle de Vie**

Exemple de résultats
Automoteur – horizon **2050**



- Pour un même vecteur, **pas de différence remarquable des impacts en fonction de l'architecture**
- Impacts principalement générés par la phase de combustion « TTW » (CO₂, CH₄) sauf pour l'hydrogène
- **Impact du cycle de vie du GMP négligeable** quelle que soit l'architecture
- Les biocarburants type HVO (huiles usagées), BtL (avancé) et biométhanol et le bio-GNC sont les plus favorables (**absorption de CO₂ sur la phase WTT**)
- Hydrogène est également intéressant, avec un mix type « 50% nucléaire » ou 100% éolien (bilan proche)
- Impacts significativement diminués (à vecteur identique) par rapport à 2020
- **Conso. à quai (élec.) devient négligeable**

Analyse multicritère du verdissement du secteur fluvial

Phase 5 – Projection de composition de la flotte selon scenarios



Choix des scenarios :

1. Business As Usual : extrapolation des tendances actuelles et **optimisation du coût économique** et non environnemental.

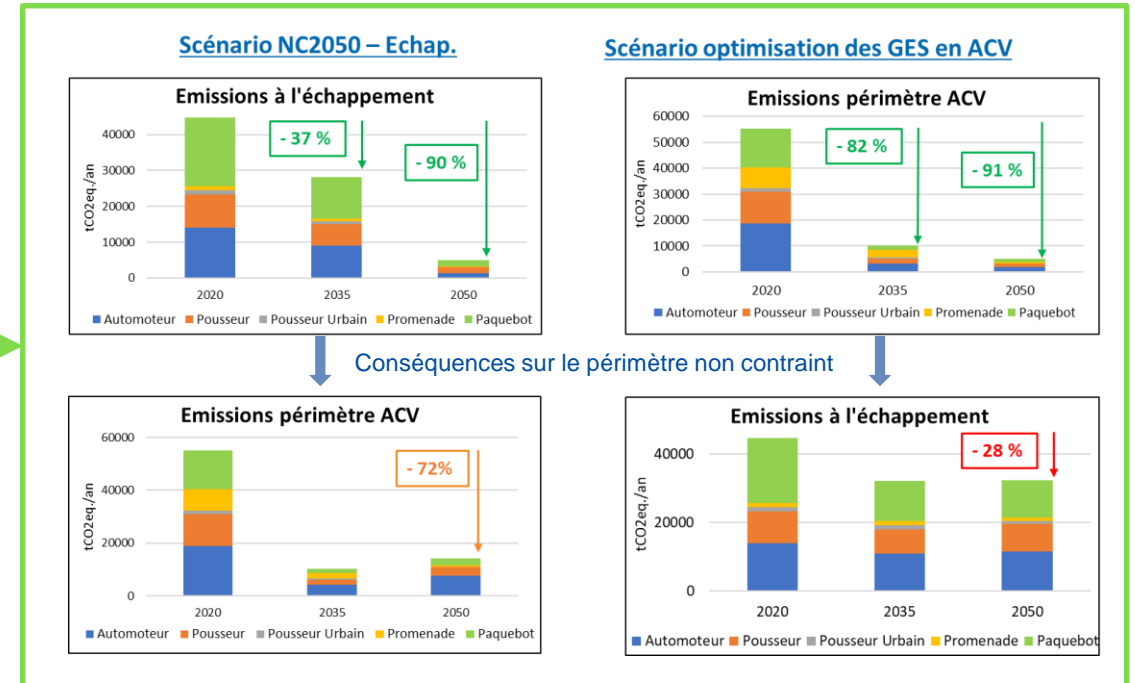
- pas de point de passage obligatoire en 2035
- on fait le bilan GES en 2050 et on voit l'effort supplémentaire à apporter pour atteindre la neutralité (-90%)

2. Neutralité Carbone 2050:

- le point final obligé est la « **neutralité** » carbone en 2050 (-90% par rapport à 2015).
- On fait évoluer de façon équilibrée les technologies en ce sens et on évalue le coût (TCO) du changement.
- Point de passage 2035 à -35%

3. Techno Push : décollage d'une solution innovante : l'**hydrogène** avec des hypothèses fortes de subvention pour limiter le TCO et rendre la solution attractive.

- Observation des conséquences en terme de dépenses publiques.
- Point de passage 2035 à -35% (petite partie de la flotte convertie à l'H₂, le reste en BAU)



Analyse multicritère du verdissement du secteur fluvial

Livrables de l'étude 2022



Outil Excel comparaison technico-économique (TCO)

Outil Excel comparaison Analyse Cycle de Vie (ACV)

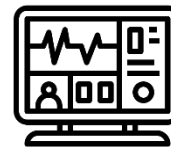
Rapport méthodologique complet



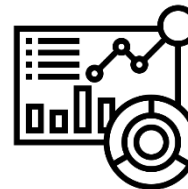
En cours pour 2023



Amélioration de la méthodologie



Intégration de l'ensemble des bassins français



Digitalisation des résultats afin de les rendre accessibles de tous au travers d'un simulateur interactif en ligne



AGIR TOUT DE SUITE POUR ATTEINDRE LES OBJECTIFS 2035

Aurélie MILLOT, Directrice adjointe du développement

Branchement à quai

Pour les bateaux de marchandises, le branchement à quai
c'est 20 tonnes de CO2 économisées par borne



Ecopilotage

Adapter sa vitesse aux contraintes de l'infrastructure et à l'état du trafic,
c'est entre 20 et 30% d'économie de carburants



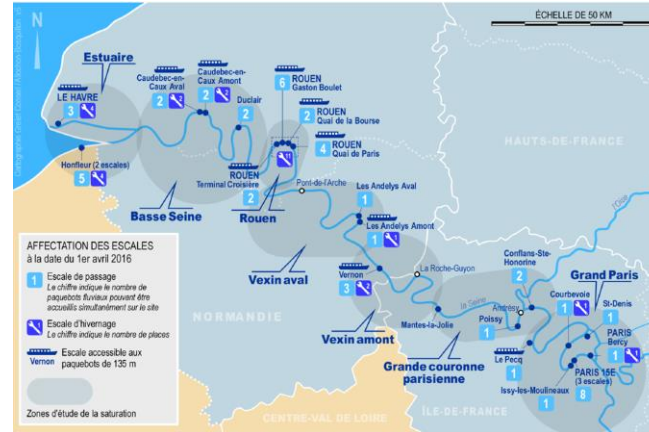
Utilisation de carburant bio-sourcés

Sur un périmètre complet d'Analyse de Cycle de Vie (du puits à l'échappement),
ces carburants permettent une réduction entre -30 et -90% d'émission de GES



- 35% de réduction d'émission de GES à 2035 pour le fluvial

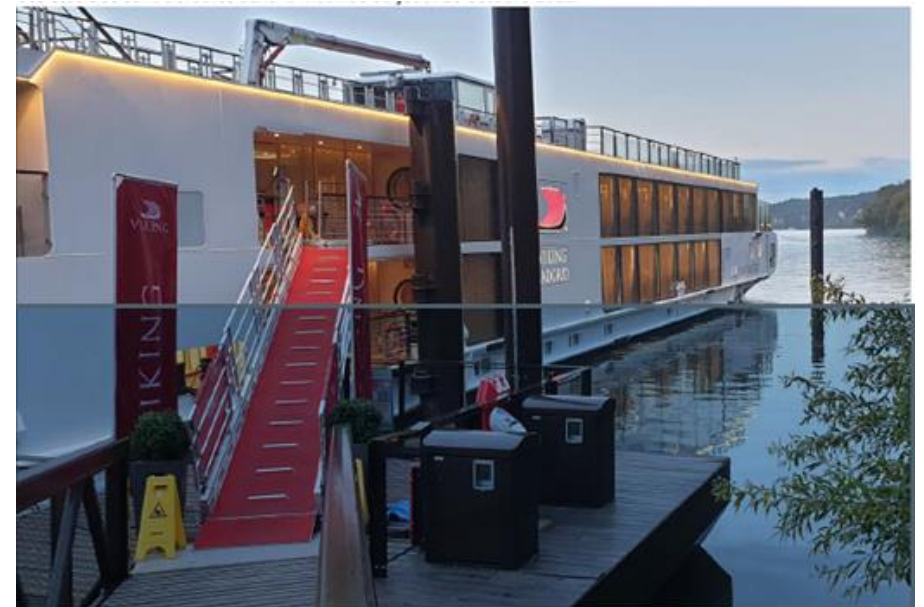
Electrification des escales : des réalisations concrètes sur la croisière avec hébergement



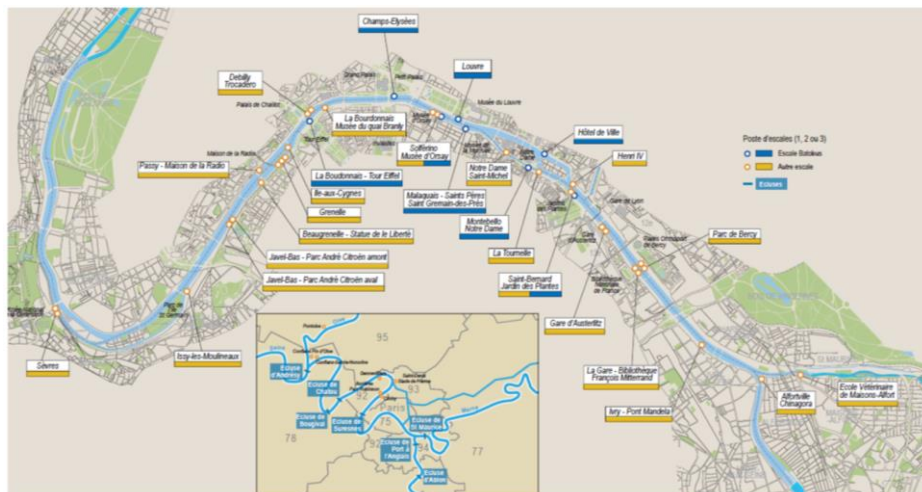
Electrification des escales de croisière les plus fréquentées sur le centre parisien :

- Deux bornes sur Javel ;
- Mise en place d'une 3e borne sur Javel bas en août 2023.

Mise en service d'une borne sur la nouvelle escale de la Roche Guyon



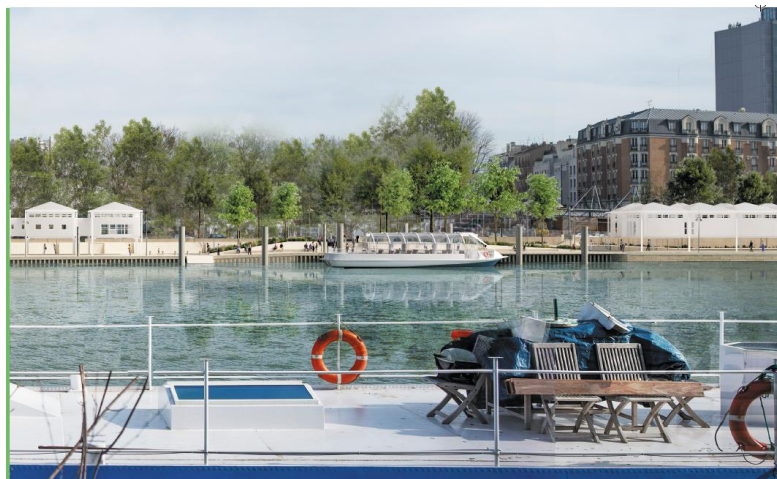
Electrification des escales à passagers du centre parisien en accompagnement du verdissement de la flotte



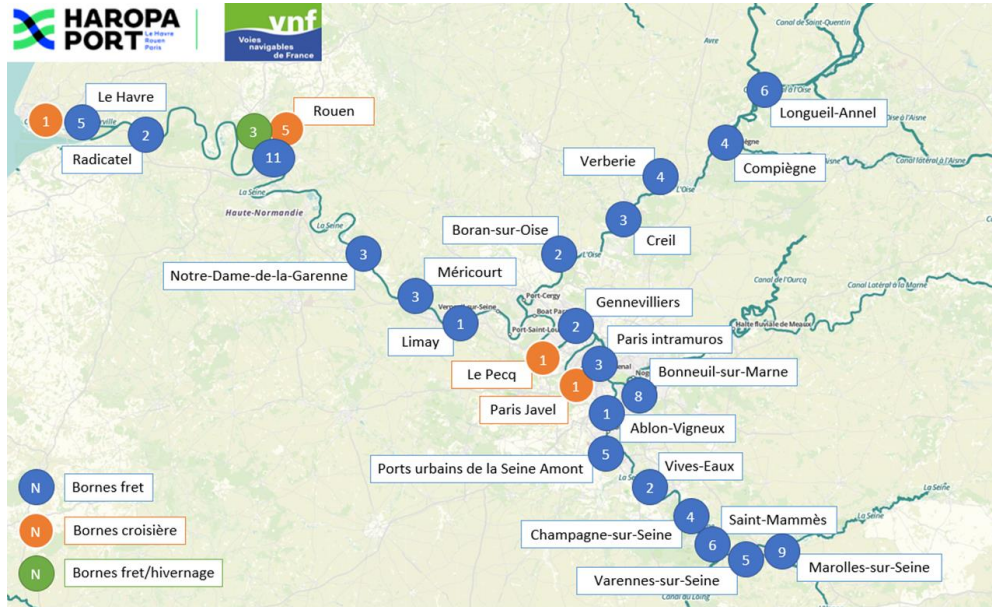
Premiers démonstrateurs sur les sites plus utilisés :
Grenelle et la Tournelle

Progressivité de l'installation pour une réponse optimisée aux
besoins des futurs bateaux décarbonés

Systematisation des bornes sur les nouvelles installations
(Boulogne Legrand)



Electrification des escales de fret : le programme Borne&Eau

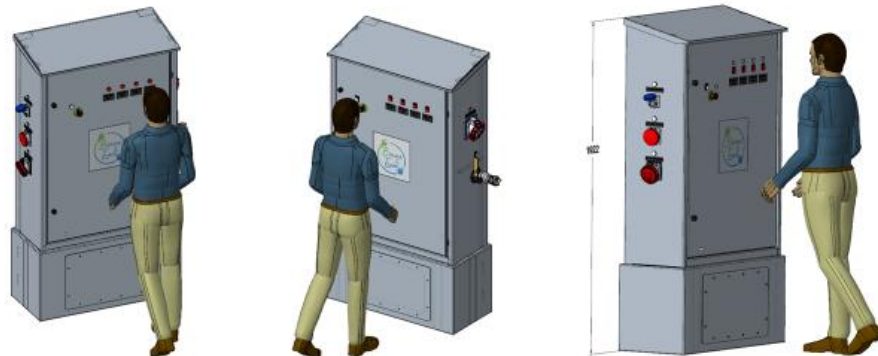


Sélection du groupement Bouygues/Depagne pour concevoir les 70 bornes du réseau fret projeté

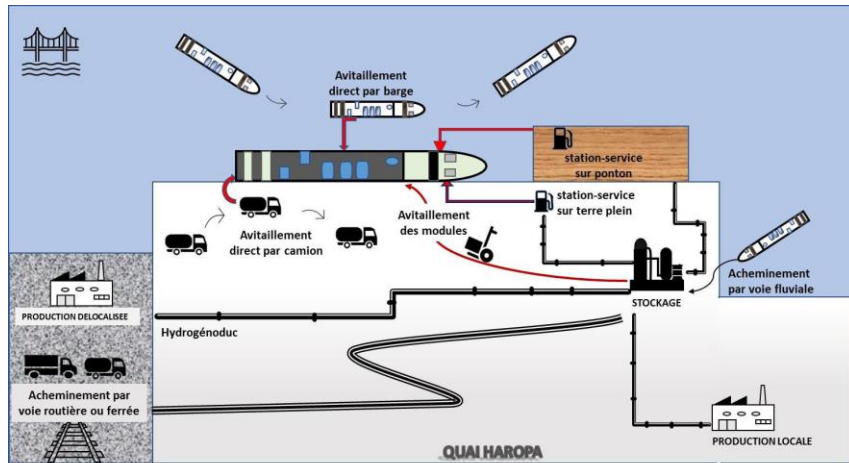
Achèvement des études de définition

Mise en place des premiers démonstrateurs pour L'ARMADA à Rouen

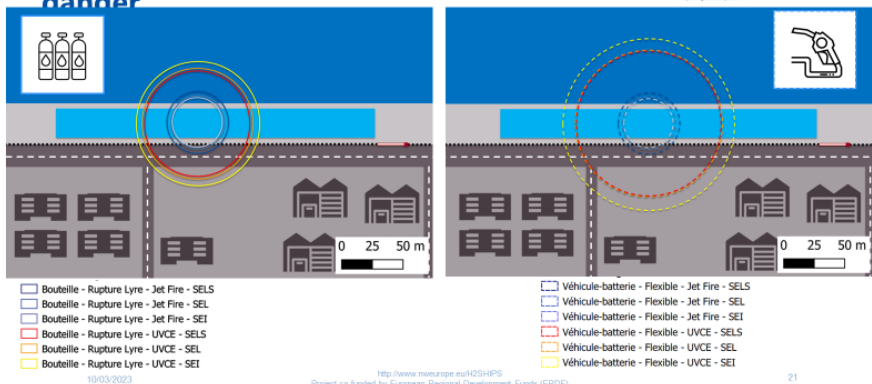
Objectif de pose de 20 bornes fin 2023 et atteinte des 70 bornes fin 2024



Faisabilité technique et économique du développement Hydrogène - INTERREG H2SHIPS



1. QUP en zone portuaire – Cercles de danger



Interreg
North-West Europe
H2SHIPS

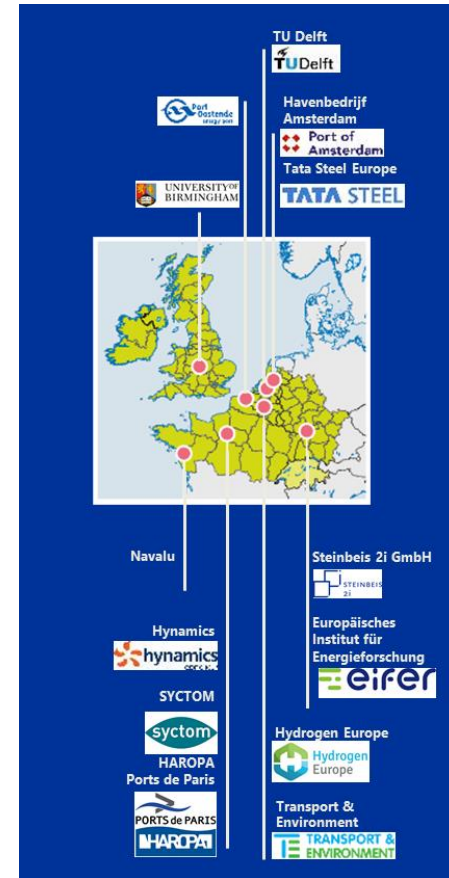
Participation au programme- Interreg- H2SHIPS

13 partenaires composés de gestionnaires portuaires, d'industriels, de laboratoires de recherche et associations
Implantés dans 5 pays (DE, FR, UK, NL, BE)

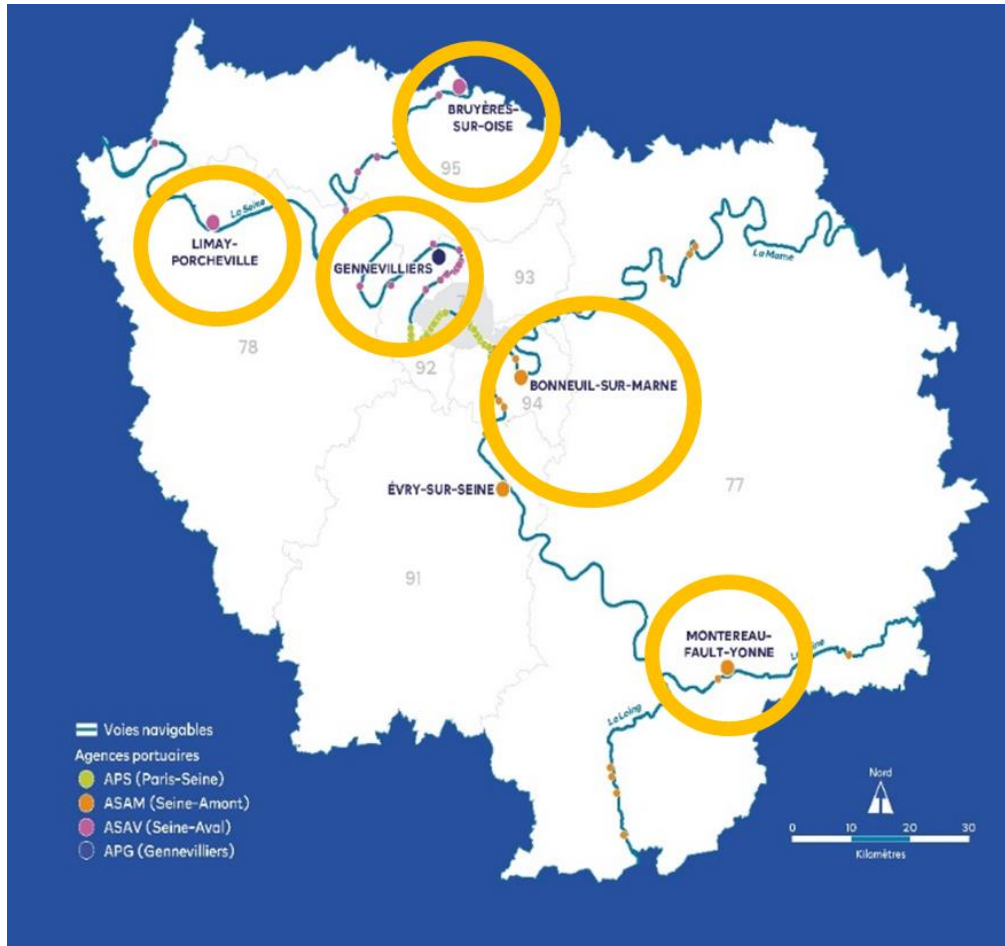
Démontrer la faisabilité technique et économique de l'avitaillement et de la propulsion à l'hydrogène pour le transport maritime&fluvial et identifier les conditions d'une entrée réussie de la technologie sur le marché

Une représentation française composée de Hynamics, HAROPA, SYCTOM

Réalisation d'études exploratoire sur le cadrage réglementaire, la potentialité des sites, d'évaluation des risques et de définition des phénomènes dangereux associés.



Installation de stations multi-énergies sur les sites portuaires



Installation de stations multi-énergies sur le territoire portuaire francilien :

5 projets, avec distribution d'hydrogène, retenus dans le cadre de l'appel à projets lancé par HAROPA PORT

Eco-conduite et bonnes pratiques

Application aux bateaux de travail

VINCI
CONSTRUCTION

MARITIME ET FLUVIAL



Construire
**RESPONSABLE.
AVEC MOINS.**



VINCI Construction s'engage pour la croissance verte et la lutte contre le dérèglement climatique en construisant avec moins.

VINCI Construction s'engage pour préserver la nature, la biodiversité, et minimiser les impacts sur l'environnement.

Télématique embarquée

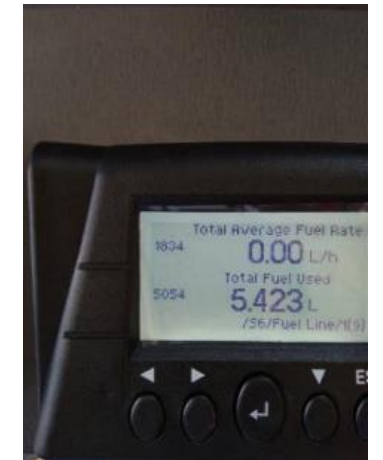
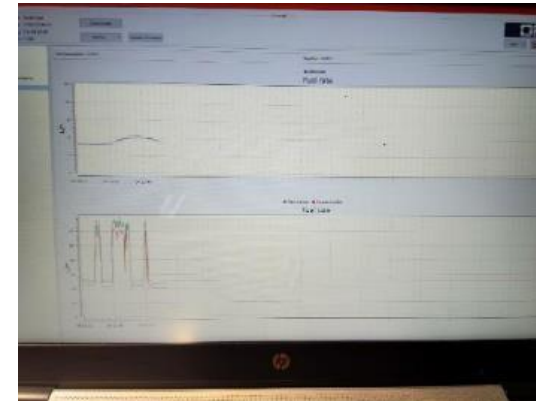
Objectifs:

- 1- Chiffrer / quantifier la quantité de carburant consommée par engin
- 2- Comprendre / Analyser le fonctionnement des moteurs

- Projet lancé en 2017 (phase étude et recensement des fournisseurs).
- Première application sur un bateau (navigation axe Seine) en 2020.
- Aujourd'hui 36 engins sont équipés

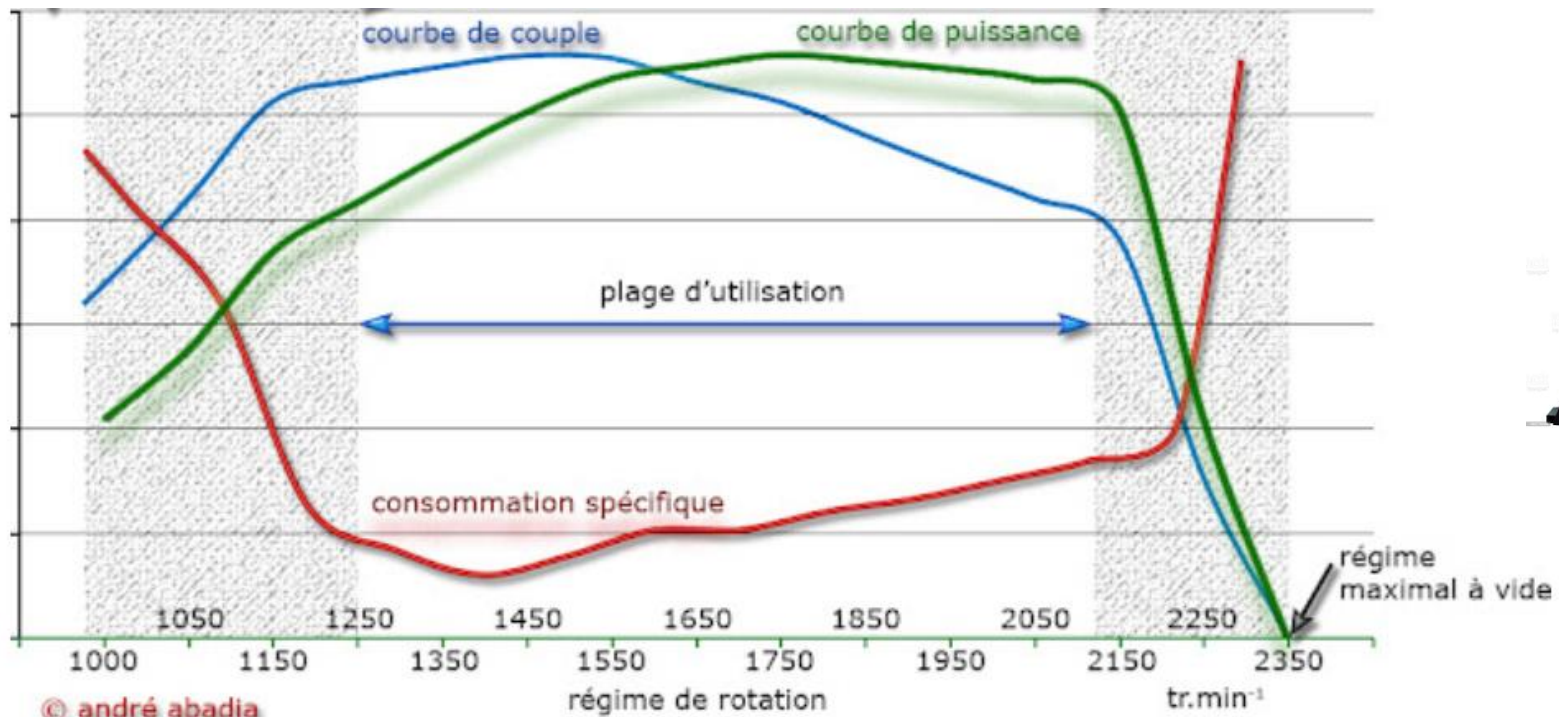
Télématique embarquée

Objectif: chiffrer / quantifier la quantité de carburant consommée par engin



Constats

Courbes de performances d'un moteur diesel – Rating Curves



Zone de ralenti

Zone d'utilisation du moteur

Plein régime

Résultats

Essais Eco Pilotage en navigation



Résultats

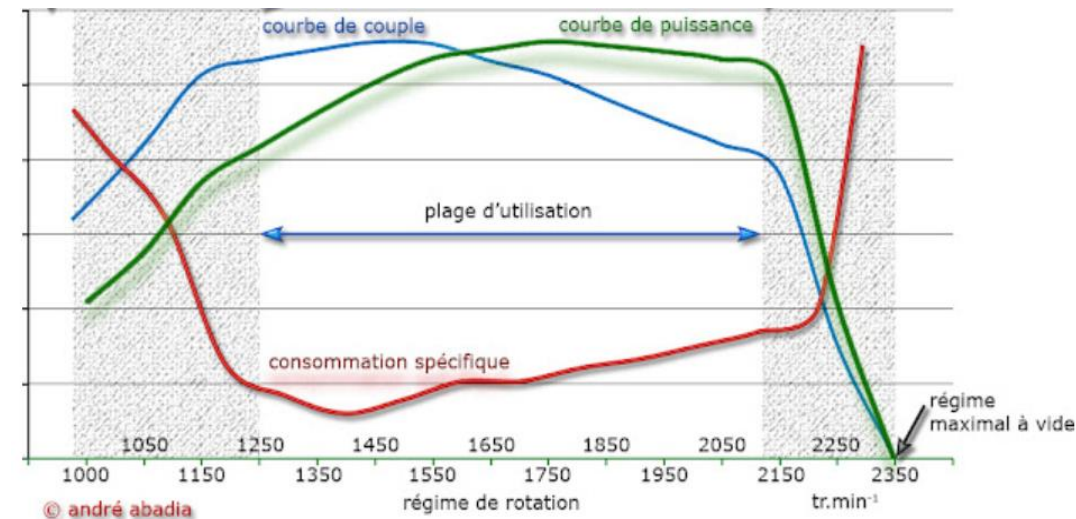
Essais en navigation sur la conduite économique PORT MARLY 2

Navigation contre le sens du courant, bateau chargé

- Régime du moteur: 2700 Tr/min - Vitesse: 8,1 km/h - Consommation: 35,10 L/h
- Régime de moteur: 2200 Tr/min - Vitesse: 7,2 km/h - Consommation: 20,6 L/h (gain de 41,3%)

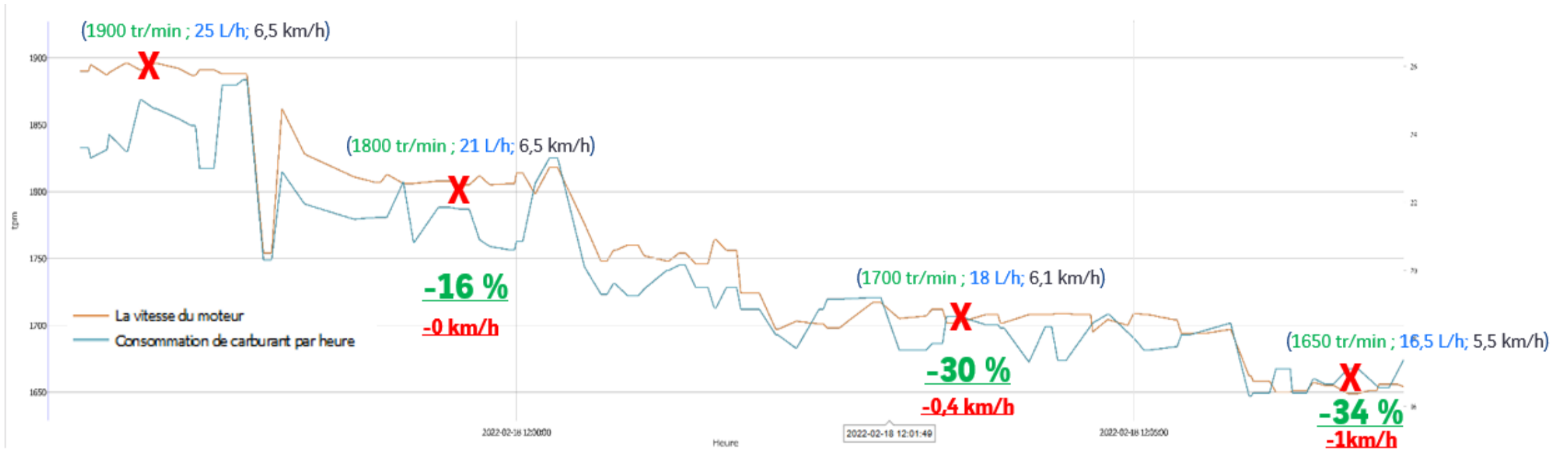
Navigation dans le sens du courant, bateau chargé

- Régime du moteur: 2700 Tr/min - Vitesse: 16 km/h - Consommation: 33 L/h
- Régime de moteur: 2200 Tr/min - Vitesse: 15 km/h - Consommation: 19,5 L/h (gain de 41%)



Résultats

Essais en navigation sur la conduite économique PORT MARLY 1



Résultats

Essais en navigation sur la conduite économique BELENOS



26,42 L/H -> Consommation à 2400 tr/min

V = 8,6 Km/h



13 L/H -> Consommation à 2 000 Tr/min

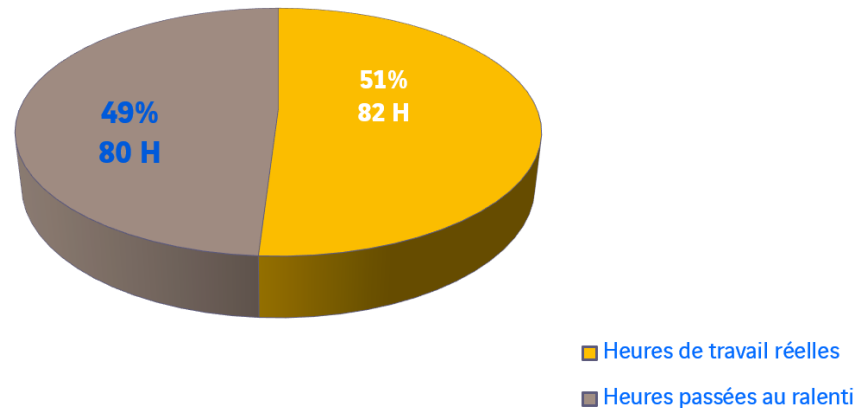
V = 7,6 Km/h



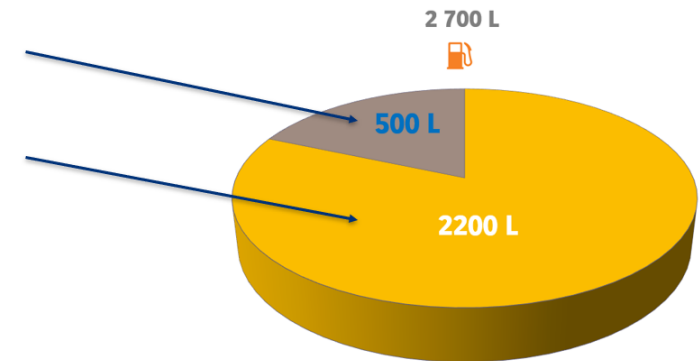
Résultats

Fonctionnement excessif au ralenti

Taux moyen de ralenti constaté sur nos bateaux : proche de 50%



Consommation au ralenti
 Consommation en propulsion

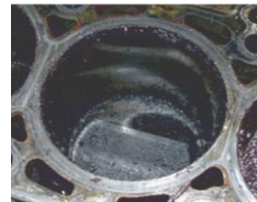


Résultats

Fonctionnement excessif au ralenti

Quels impacts ?

- Surconsommation de carburant
- Pollution de l'environnement (Particules fines, NOx, Consommation de lubrifiants...)
- Amplifier inutilement les heures moteurs
- Impacts négatifs sur les moteurs (encrassement, usure...)



Chemise glacée



Résidus de carbone sur la tête du piston



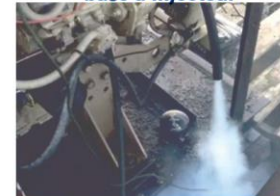
Résidus de carbone sur la buse d'injecteur



Coussinets endommagés



Résidus de carbone sur la culasse



Excès de soufflage moteur

Les motoristes préconisent **20%** de taux ralenti max

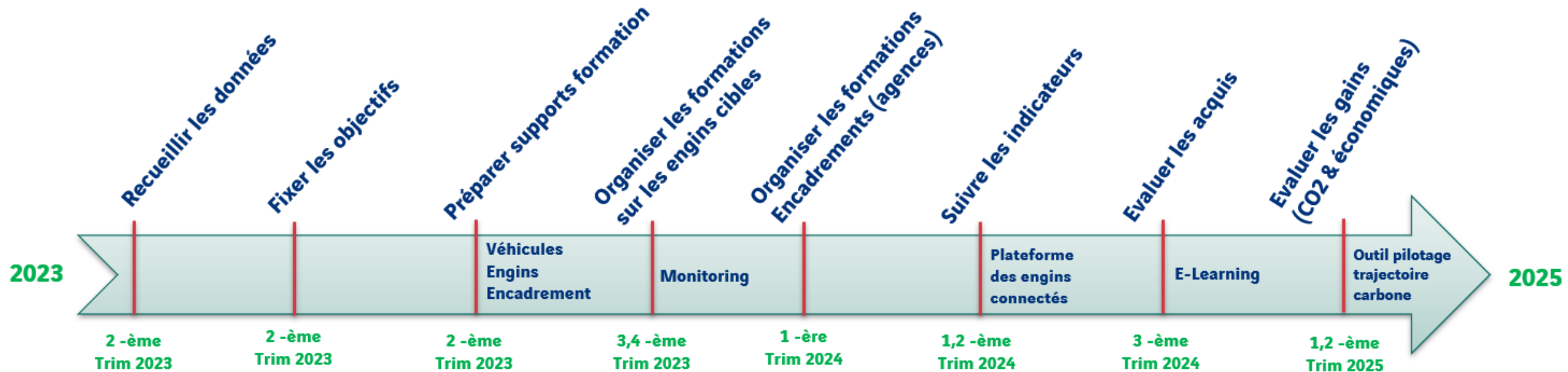
La suite

Projet ECO Pilote Seine

VNF / E2F / VCMF / SEGULA Technologies
/ ADEME / CFT SOGESTRAN / CEREMA

La suite

Plan d'action déploiement ECO Conduite 2023-2030



La suite

L'Eco-conduite Agissons de suite

Les scénarios de verdissement à horizon 2035 et 2050

Cécile Cohas, Référente nationale Transition énergétique

Les accords de Mannheim : -35 % (GES et émissions polluantes) d'ici 2035 et autant que possible, mettre un terme aux émissions de gaz à effet de serre et d'autres polluants d'ici 2050

	<p>POUR LA FLOTTE ACTUELLE SANS RETROFIT</p> <p>Passage électrique à quai obligatoire (2023-2027)</p> <p>Navigation au BTL</p> <p>Développement de l'éco-conduite et baisse des puissances moteurs</p>
	<p>BATEAUX PROMENADES ET FREYCINET</p> <p>En 2035 : propulsion électrique ou hybride série avec batteries pour une navigation 0 émissions en ZFE et des groupes électrogènes thermiques au BTL, HVO ou biogaz en 2035</p> <p>En 2050: remplacement des GE par des PAC en l'absence de système de filtration stage VI pour les GE thermiques</p>
	<p>AUTOMOTEURS ET Pousseurs</p> <p>En 2035: propulsion thermique au HVO/BTL ou biogaz</p> <p>En 2050: propulsion hybride série avec batteries pour une navigation 0 émissions en ZFE et groupes électrogènes thermiques au BTL, HVO ou biogaz (sous conditions Stage VI) ou PAC H2 ou méthanol</p>
	<p>PAQUEBOTS DE CROISIÈRE :</p> <p>Idem automoteurs</p>

Les choix de vecteurs énergétiques sont conditionnés par un arbitrage autonomie, poids, volume

Des risques à évaluer pour les nouveaux vecteurs énergétiques (biogaz, H2, Méthanol)

La disponibilité des énergies pour le secteur fluvial (ex BTL/ HVO)

Avec des surcoûts importants selon les énergies (H2)



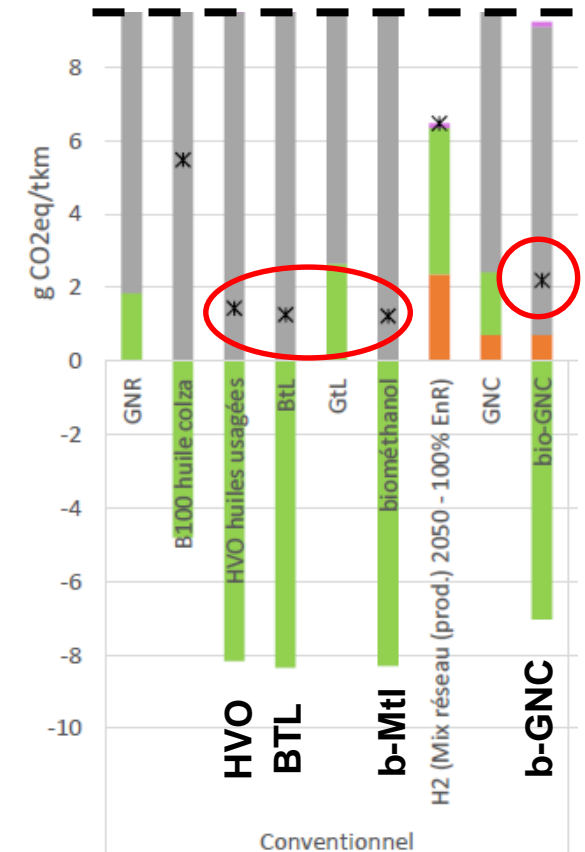
Les Biocarburants – Une voie majeure pour la décarbonation

António Pires da Cruz – IFP Energies nouvelles

Carburants biosourcés avancés




Critères d'éligibilité et d'acceptabilité à iso-émissions de CO_{2eq}

	HVO	BTL	b-Mtl	b-GNC
Disponibilité de la ressource	Orange	Vert	Rouge	Vert
Maturité industrielle	Vert	Vert	Vert	Vert
Disponibilité du Produit	Vert	Rouge	Rouge	Orange
Caractère Drop-In	Vert	Vert	Rouge	Rouge



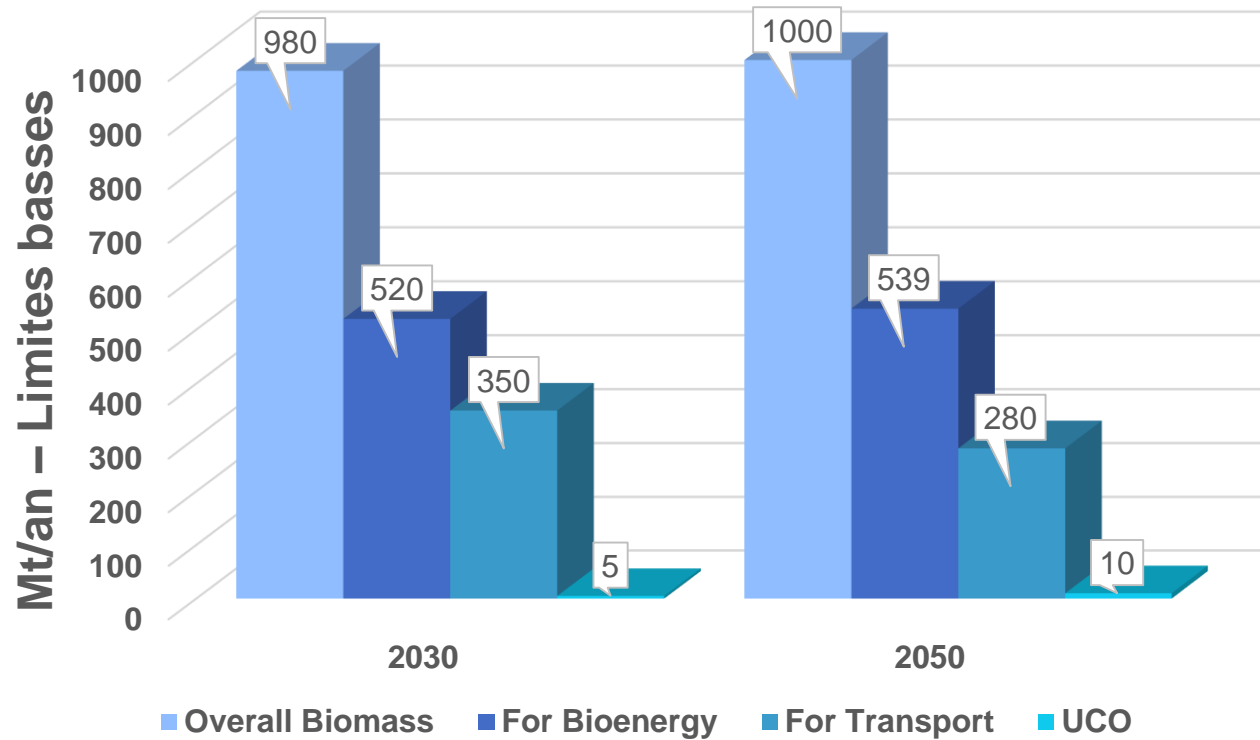
Quelques chiffres 2022

Consommation annuel de carburants pour la mobilité (Mt/an)

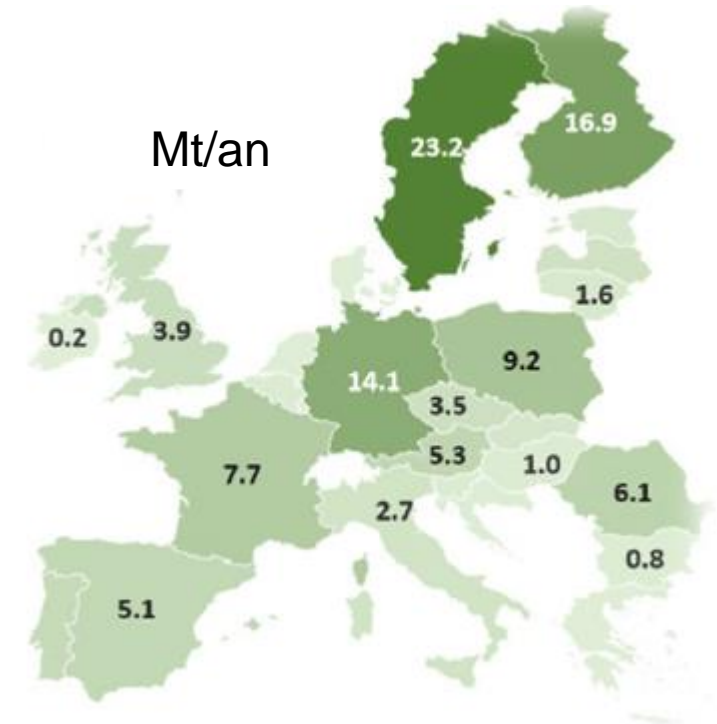
		France	Europe
	Gazole moteur	35	250
	Essence	7	75
	Kérosène	7	50

EU27 + UK Disponibilité de la Biomasse Sèche et HCU*

Etude Imperial College pour le Concawe, 2021



2030 – Résidus Forêt Sec



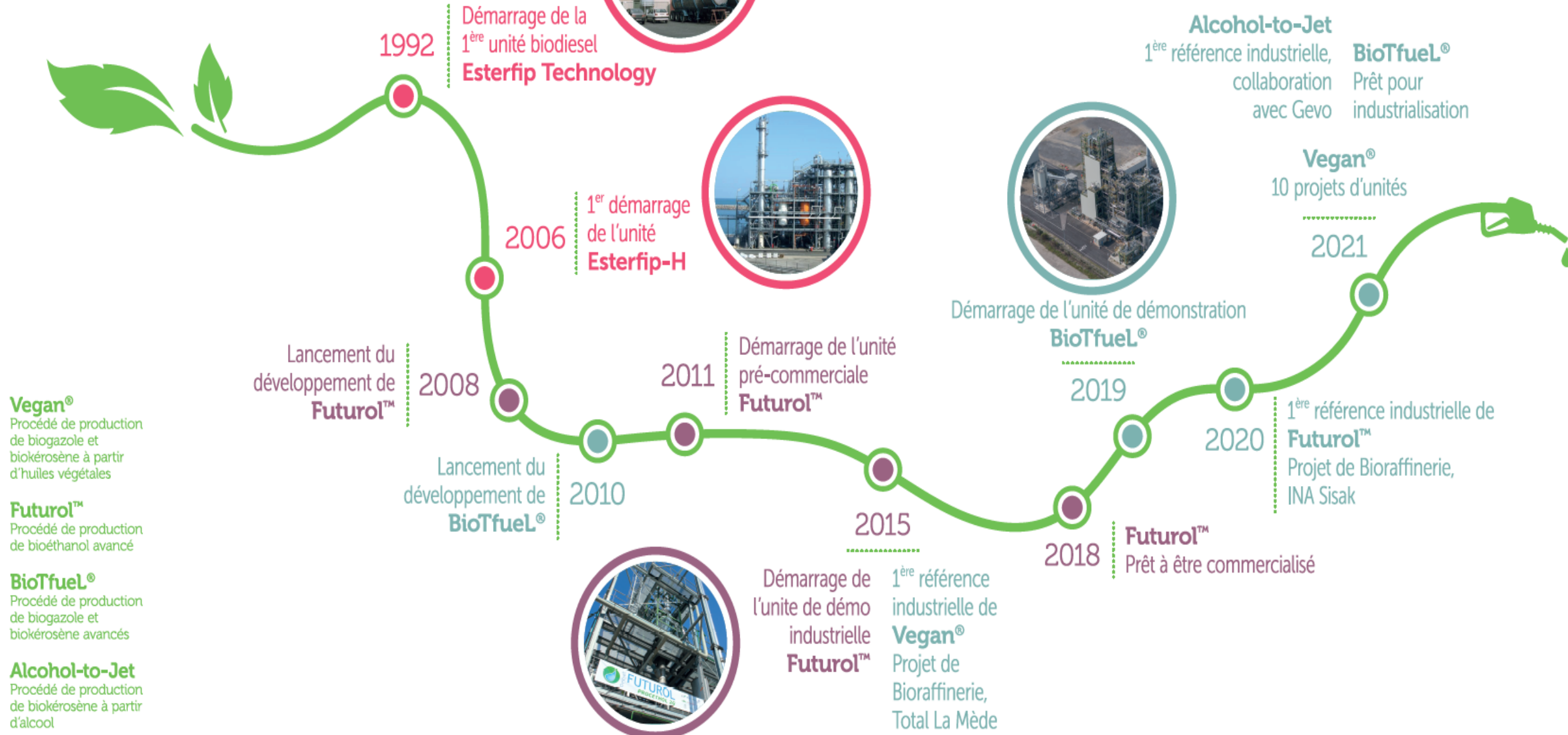
Rendement biomasse sèche → Carburant ~ 15-20%

*HCU : Huiles de Cuisson Usagés

Il était une fois les biocarburants

Axens
Powering integrated solutions

ifp *Energies
nouvelles*



Vegan®
Procédé de production de biogazole et biokérosène à partir d'huiles végétales

Futurol™
Procédé de production de bioéthanol avancé

BioTfuel®
Procédé de production de biogazole et biokérosène avancés

Alcohol-to-Jet
Procédé de production de biokérosène à partir d'alcool

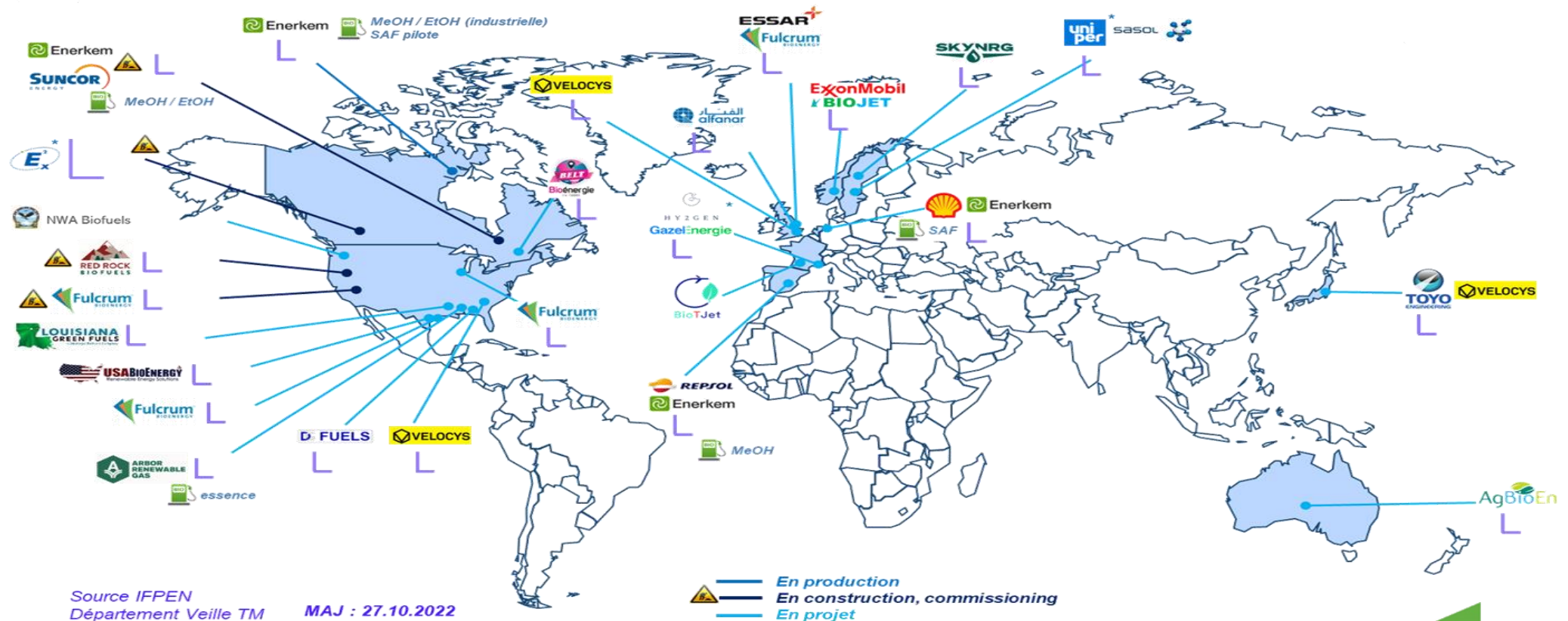
Disponibilité HVO : Unités et Projets Industriels

Biocarburants Avancés (RED II Annexe IX.b)



Disponibilité BTL : Unités et Projets Industriels

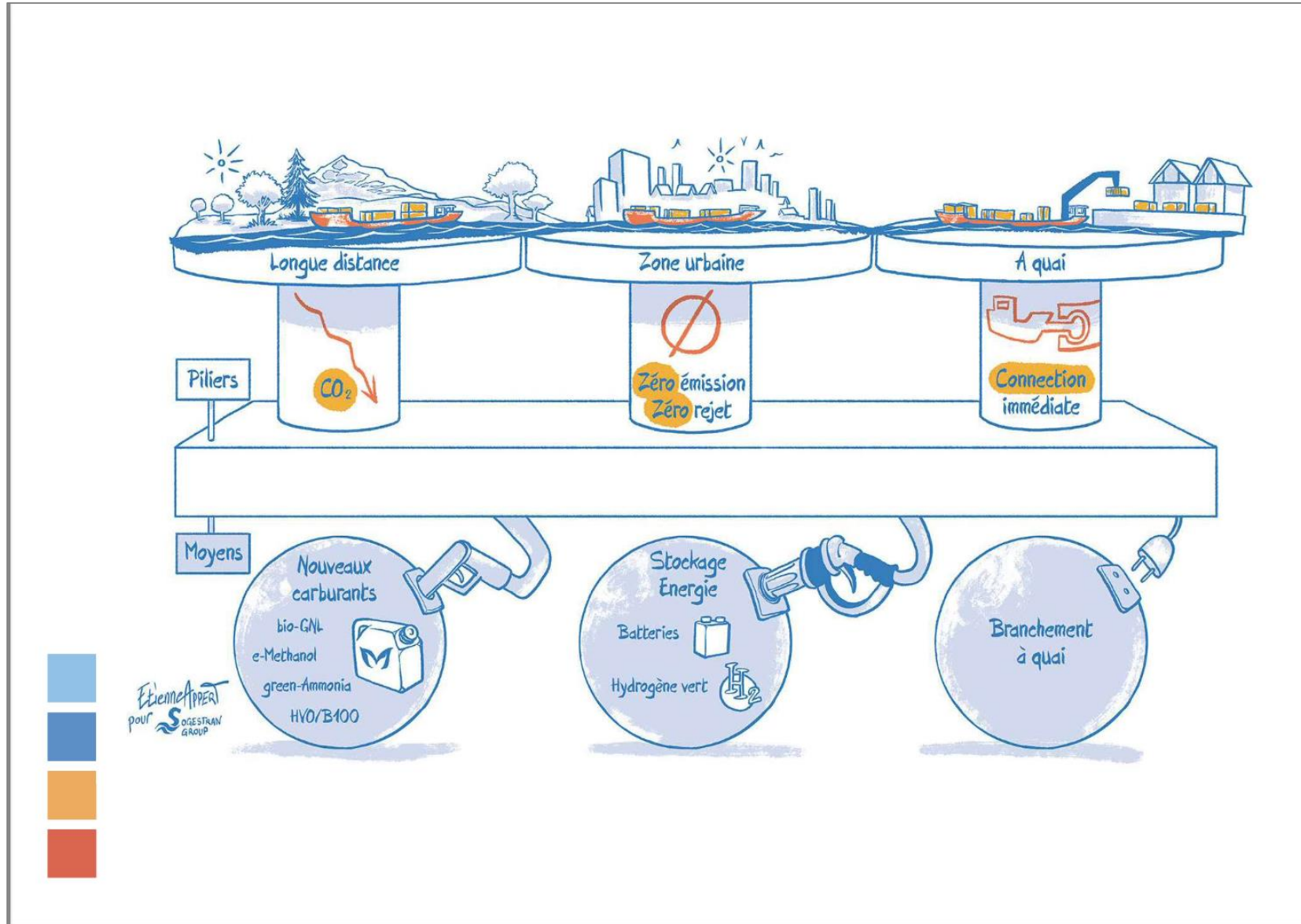
Biocarburants Avancés (RED II Annexe IX.a)

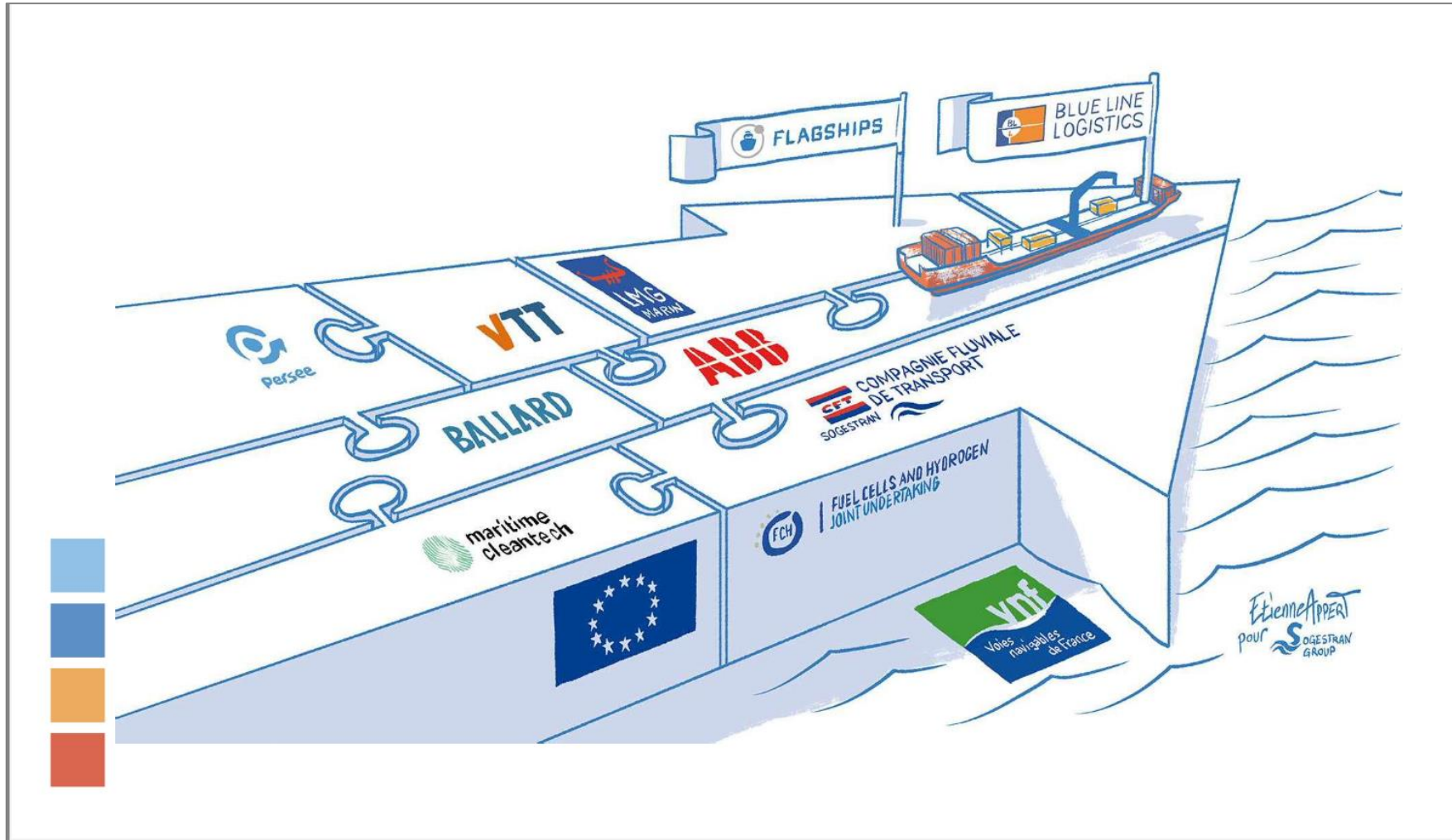


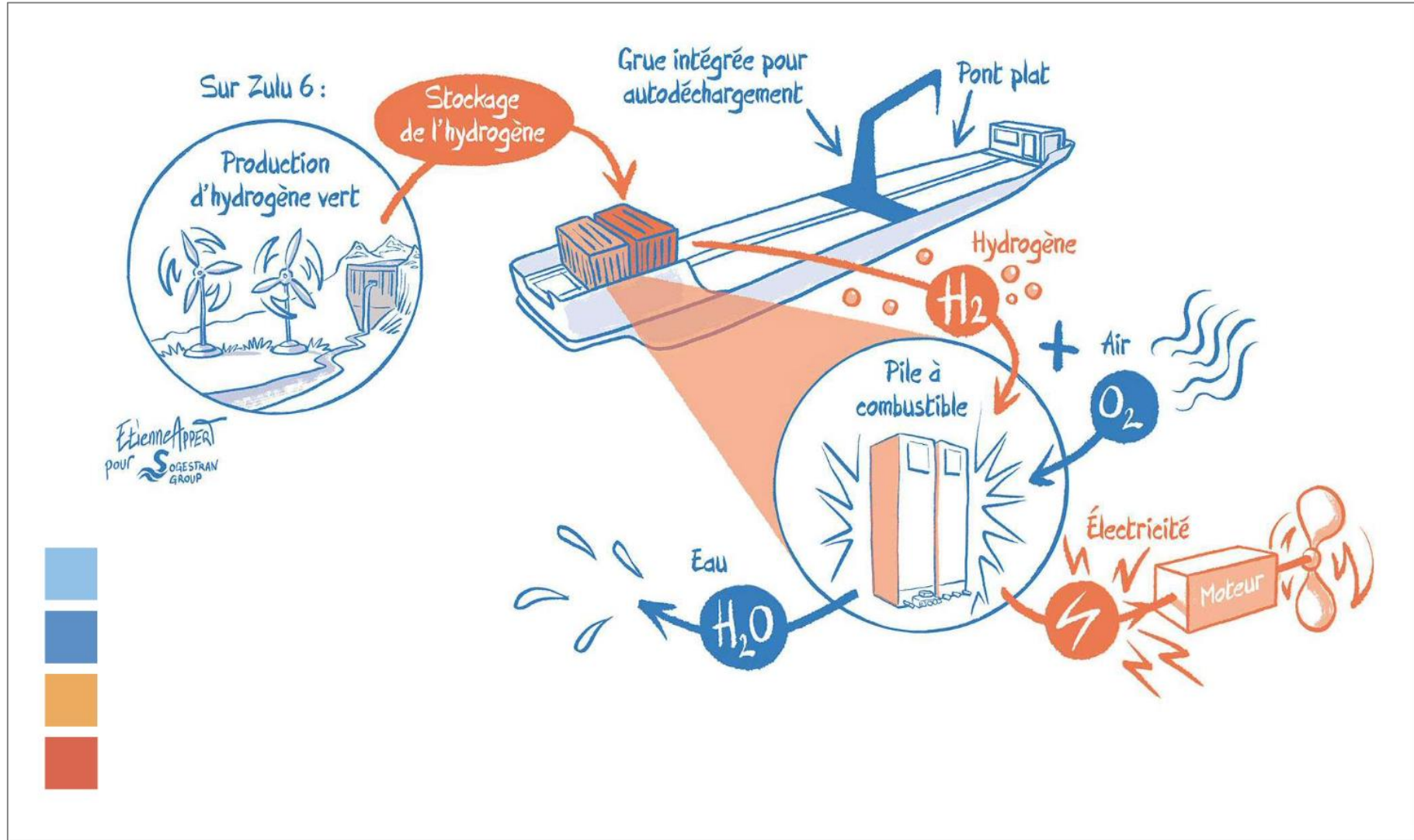
Carburants Biosourcés liquides

Une solution de décarbonation complémentaire et immédiate

- ❑ HVO et BTL directement utilisables par les motorisations et la logistique existantes
- ❑ Des solutions bas CO₂ complémentaires de l'électrification & l'hydrogène
- ❑ Des solutions industrielles matures
- ❑ Des ressources disponibles **mais qu'il faut organiser : Collecte et transport**
- ❑ **Mais des usines peu nombreuses (5 à 7 ans pour en démarrer...)**
- ❑ **Et une réglementation encore hésitante...**







L'hydrogène : un vecteur de décarbonation du transport

La pile à combustible comme moyen de produire de l'électricité à bord

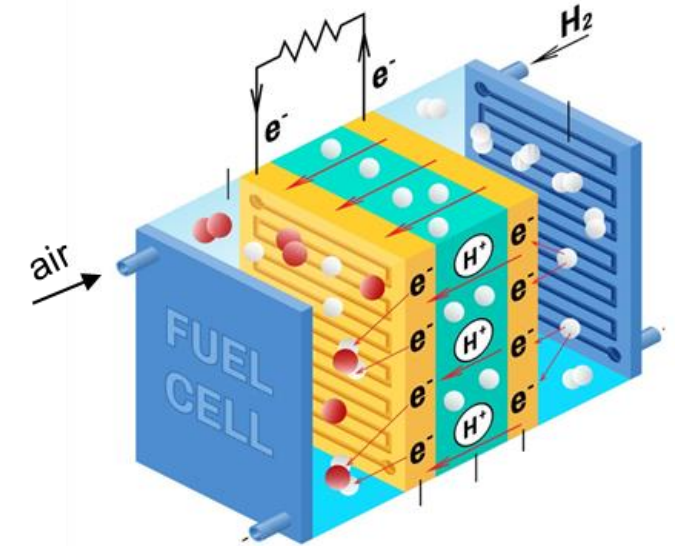
Une pile à combustible est un dispositif permettant de générer de l'électricité à partir d'hydrogène et d'oxygène.

Cette technologie est bien adaptée à des bateaux électrifiés.

Solution alternative :

L'hydrogène peut aussi alimenter des moteurs thermiques :

- dans des bateaux d'architecture conventionnelle
- dans des bateaux électrifiés (moteur à hydrogène pour groupe électrogène)



Principe de la pile à combustible

Les avantages de la pile à combustible

Un bateau équipé d'une pile à combustible offre une autonomie supérieure à celle d'un bateau électrique « tout batterie », en conservant les avantages d'un bateau électrique :

- Pas d'émissions de CO₂, d'oxydes d'azote (NOx) ou de particules
- Peu de bruit
- Peu de vibrations