

SEIYA Consulting

Marketing stratégique des nouveaux paradigmes énergétiques

Transition énergétique, hydrogène et piles à combustibles : présentation des enjeux économiques, technologiques et sociétaux

L'hydrogène, vecteur énergétique de l'avenir ?

ASPRM – Seiya Consulting, 27 et 28 mars 2012, Paris.

- Montant record 2011 : 70 milliards d'euros
- Facture énergétique responsable des $\frac{3}{4}$ de sa dégradation :
 - 62 milliards d'euros contre 48 milliards en 2010
- Quel est l'impact de notre facture énergétique fossile croissante sur la compétitivité, l'emploi, le pouvoir d'achat (donc la consommation), la pollution ? Combien de milliards supplémentaires ?

Le défi : concilier un impératif de transfert énergétique vers des solutions électriques décarbonées, sans pour autant faire sauter le réseau électrique, et tout en réduisant notre dépendance au nucléaire

- Pour chaque euro de taxes collectées, nous creusons le déficit commercial de 1,6 €
- Il faudrait y ajouter les déficits induits par la perte de compétitivité, l'augmentation du chômage induit, l'augmentation des coûts de la santé induits, etc.

Distance moyenne parcourue par habitant dans le monde



En France



Nombre de véhicules (monde)



Energie primaire (monde)



- La production de pétrole brut et condensats pourrait plafonner vers 95 Mb/j dès 2020
- Emissions de NOX et nanoparticules responsables de 2 millions de morts (source : OMS, 2011)

Et avec 2 milliards de véhicules, 6 millions de morts ?

Le contexte des transports et de l'environnement, vu par un acteur des moteurs thermiques...

Dans un contexte de pétrole cher et de préservation des ressources énergétiques, répondre à l'accroissement de la demande de mobilité constitue un défi majeur pour le secteur du transport. Ceci passe principalement par l'amélioration de l'efficacité énergétique des systèmes de propulsion.

Le pétrole et l'automobile

Le pétrole est:

- abondant,
- d'une extraordinaire densité énergétique (énergie contenue par kilo)
- d'une grande flexibilité d'usage.

pourquoi l'automobile dépend toujours du pétrole à plus de 98 % (gazole ou essence)

Ceci explique également pourquoi nos automobiles sont toujours propulsées par un moteur thermique : ce n'est pas une volonté, c'est la conséquence de l'existence du pétrole.

La dépendance de l'automobile au pétrole est source de bien des inquiétudes: accroissement de la demande, fortes tensions sur les marchés de l'énergie, ressources en pétrole limitées, crise pétrolière

Le pétrole "facile et bon marché" va progressivement laisser la place à l'ère du pétrole "difficile d'accès et cher" dont l'extraction deviendra de plus en plus lente.

Le problème est qu'il n'existe pas d'alternative au pétrole qui soit généralisable pour propulser les automobiles, hormis le gaz naturel qui est soumis aux mêmes tensions. **Ce sera donc bien aux automobiles de devenir plus économes, afin que le coût de l'énergie ramené au kilomètre parcouru, reste le plus faible possible le plus longtemps possible.**

Ha bon ?

Et le rendement réel ?

C'est quoi cette fumée ?

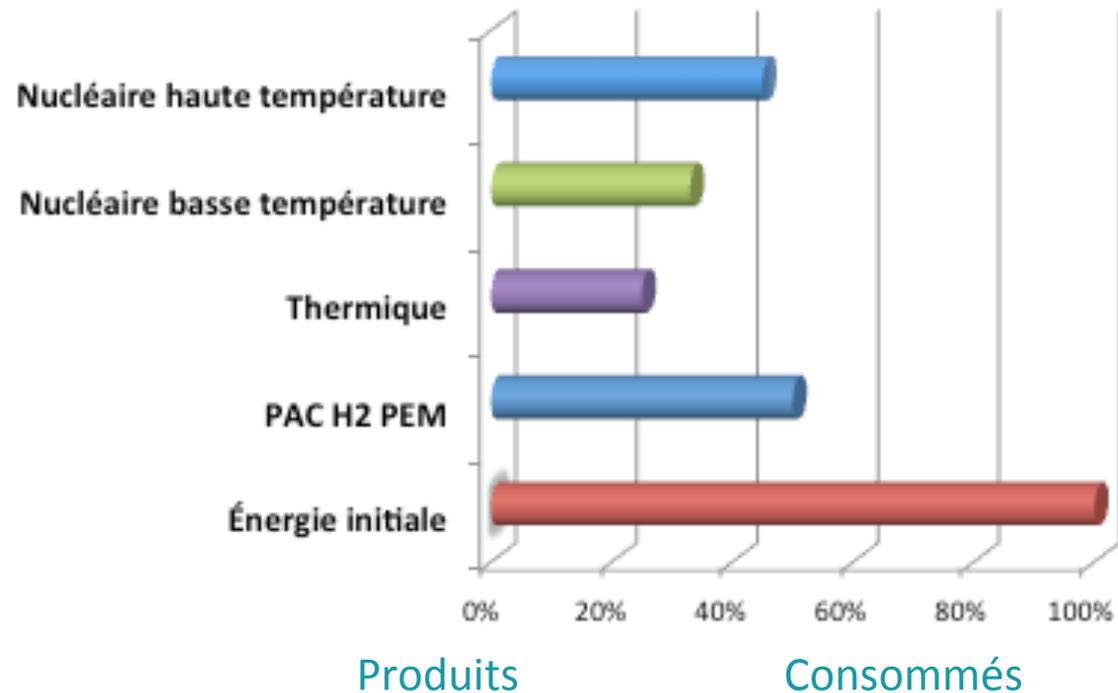
Pas d'alternative propre ???



Efficacité des rendements énergétiques ?

6

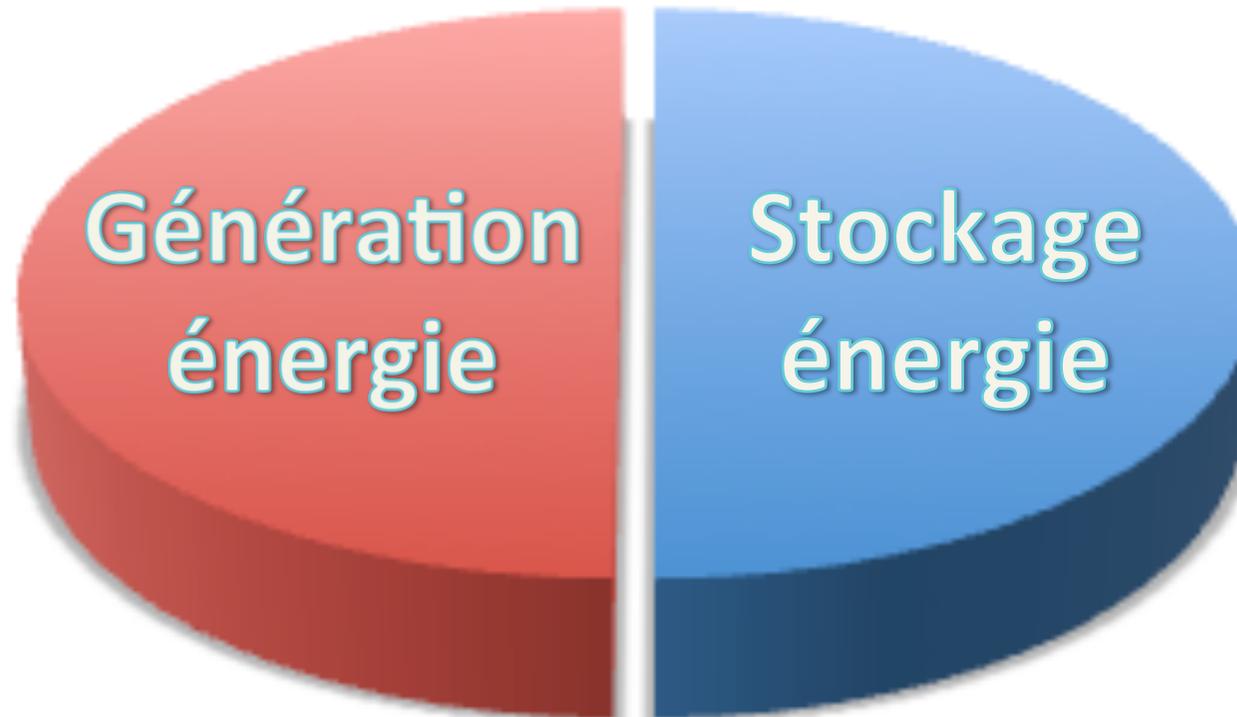
L'efficacité n'est pas le vrai critère !



Totaux énergie France :



Il faut que l'énergie soit bon marché, propre, et durable

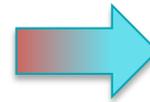


Acceptabilité du TCO dans un volume donné

Changements :

Technologies énergétiques

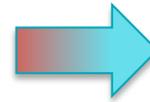
Combustion



Electrification

Optimisation efficacité (intelligence)

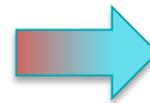
Gestion mécanique



Gestion numérique

Infrastructures

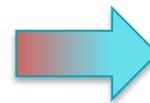
Centralisée



Distribuée

Comportements

Individualisme



Partage

DE L'ÉNERGIE FOSSILE À L'ÉLECTRICITÉ... POUR LA MOBILITÉ DURABLE

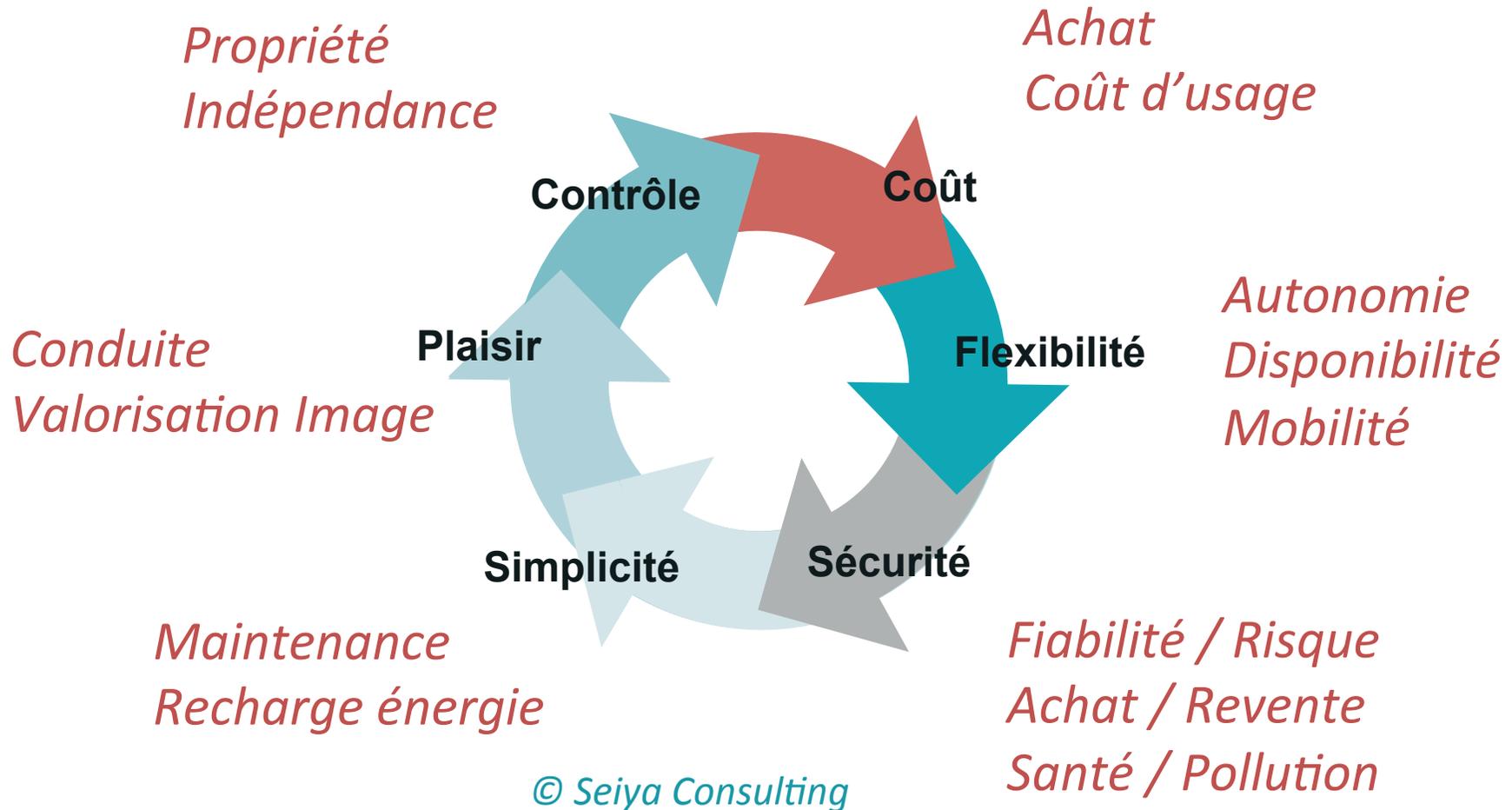
- Ne pas mettre tous ses œufs dans le même panier ?
- PAC H₂, les français partent trop tôt (années 90)
 - Entre 2000 et 2004, tous les programmes R&D sont définitivement arrêtés
 - A fond sur les batteries, rien que les batteries, Grenelle 1 et 2
- Début des années 2000, tous les grands constructeurs automobiles mondiaux commencent à investir
 - En moyenne 1 Md\$ par constructeurs à ce jour
 - Véhicules de série à partir de 2013 (ix 35 de Hyundai), 2014 (Mercedes Class B H2), 2015 (Toyota, Nissan, Honda...).
 - Alliance BMW / Toyota sur les PAC
 - Alliance Nissan / Mercedes sur des plateformes communes

- Septembre 2012 : Toyota, n°1 mondial, arrête son programme de véhicules urbains à batteries, et renforce son programme VE H₂
- Nissan Leaf, Class action US, durée de vie des batteries inférieure aux engagements constructeurs
- Scénario Coréen: Hyundai iX35 H₂ de série à partir de 2013.
- Allemagne : H2 Mobility program = 1,7 Md€ jusqu'en 2017 pour couvrir territoire de stations H₂. Mercedes Class B H₂ de série en 2014.
- Danemark, Suède : couverture nationale stations H₂ d'ici 2020
- UK : H₂ Mobility program démarré en 2012.

Règles d'or des technologies de substitution

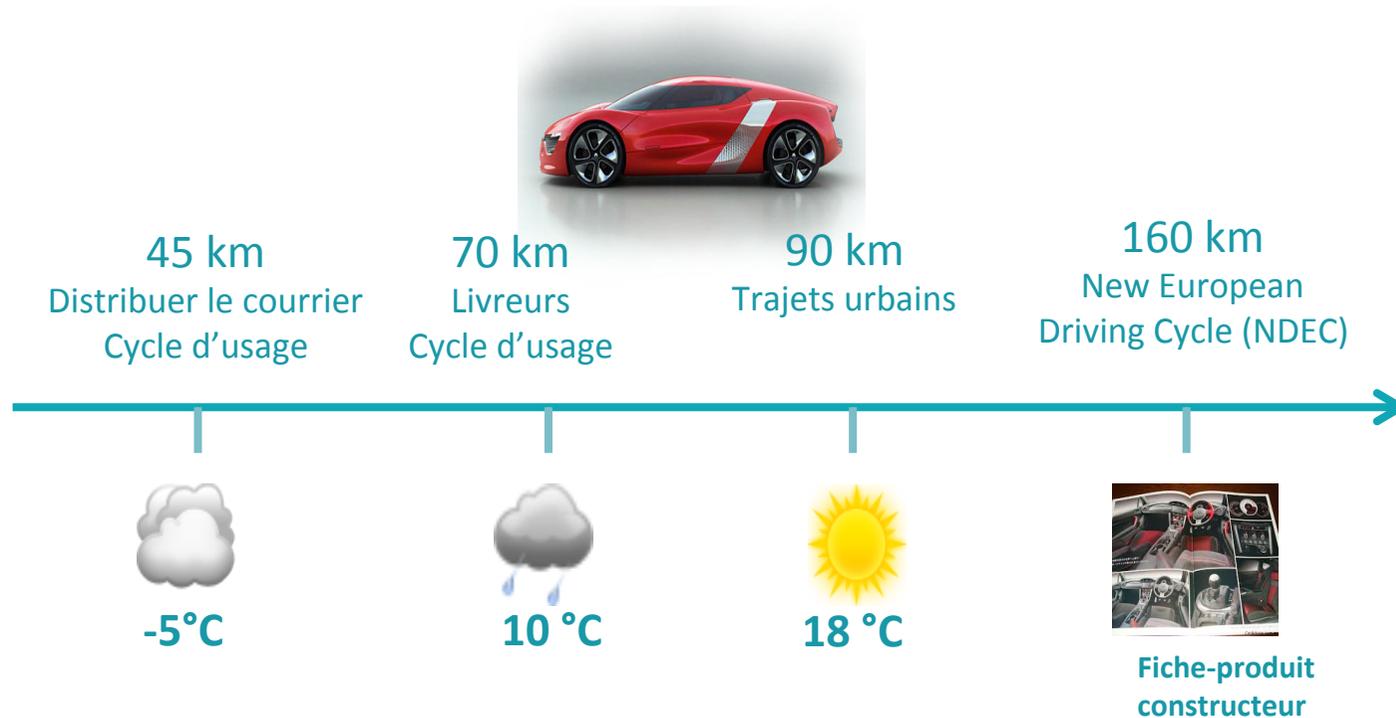
- 1) Une nouvelle technologie n'est adoptée qu'à un niveau de service supérieur ou un coût < 30%...
 - Pas d'exemple du contraire
 - L'homme n'aime pas régresser dans sa qualité de vie
- 2) Seul le consommateur décide
 - Sur sa perception de la Valeur
 - Quelle que soit la rationalité de la nouvelle solution proposée
- ➔ Aujourd'hui le succès des BEV nécessite un changement comportemental fort des utilisateurs
 - C'est au mieux extrêmement risqué
 - Au pire totalement illusoire

La perception de valeur pour l'utilisateur



Une valeur d'usage non prédictible...

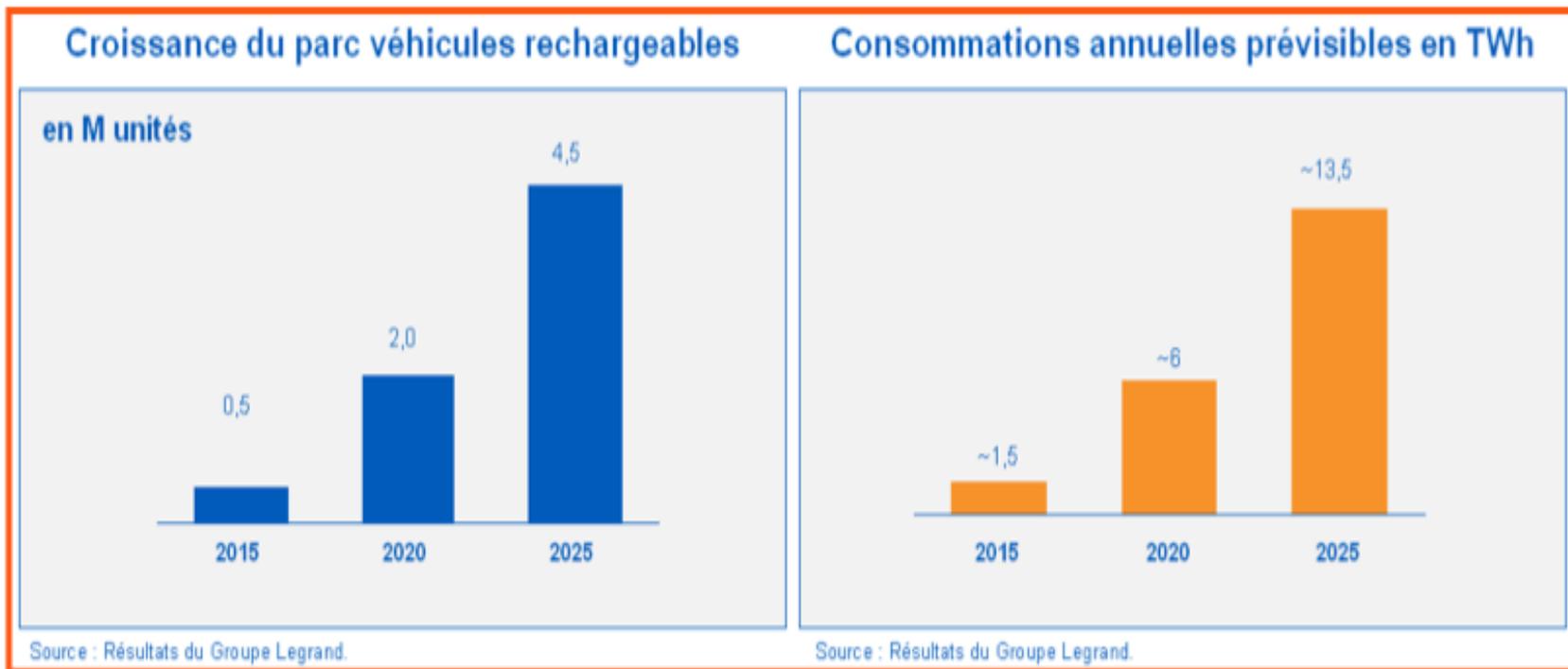
- Quelle est votre autonomie réelle avec des batteries ?



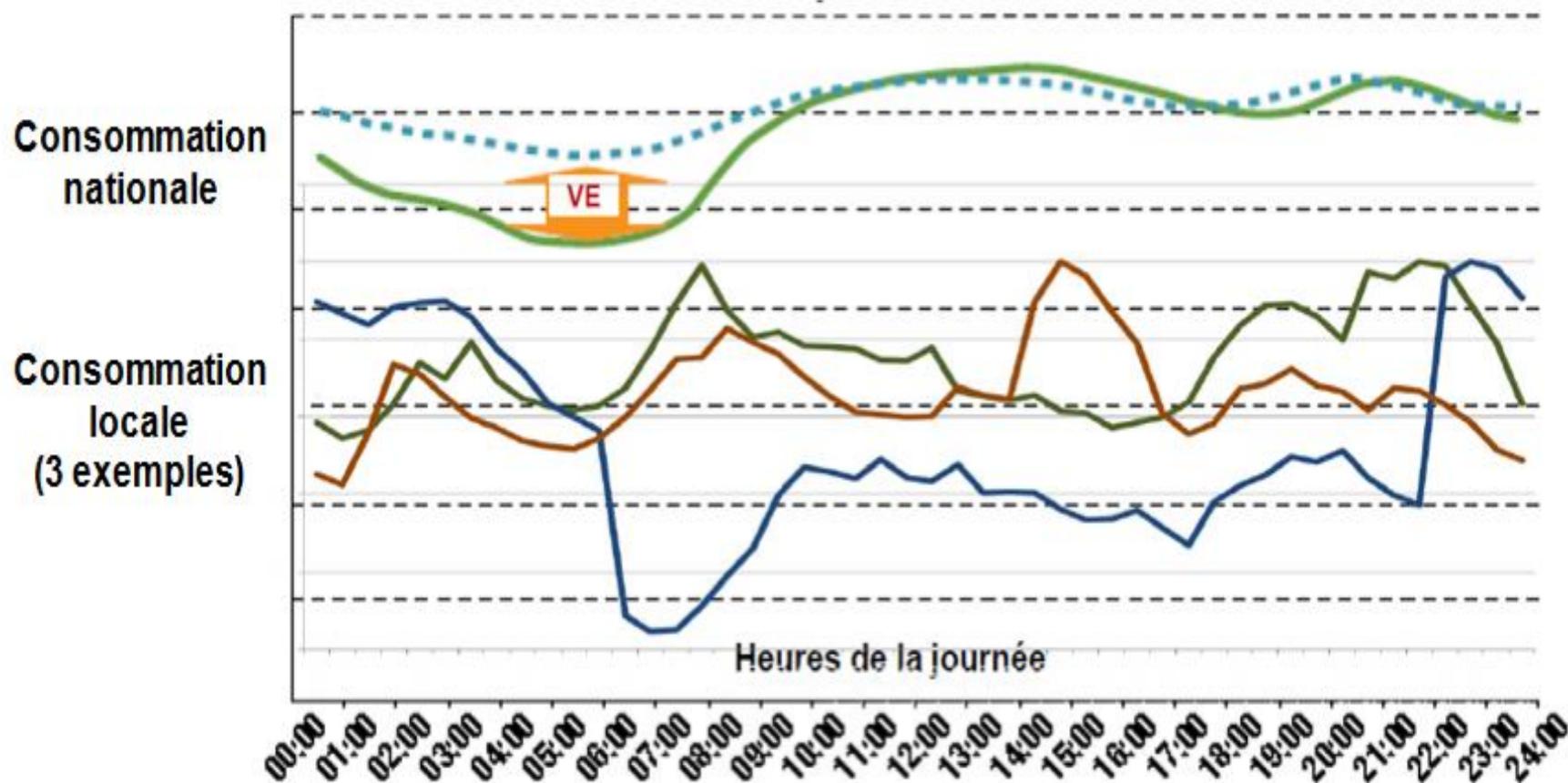
Et bien... Tout dépend de la météo et du cycle d'usage !

Véhicules Électriques batteries, le scénario théorisé...

- Objectif 2 M de VE en 2020, 33% Batteries, 67% Hybrides
 - Consommation électrique entre 5 et 6 TWh en 2020
 - « Absence de problème sur la courbe de charge nationale si on décale la charge en dehors des heures de pointe »



Le scénario théorique du Grid / VEB



Puissance appelée en fonction de l'heure de la journée

Source : ERDF

Cette théorie du déploiement VEB en France suppose

- 1 - Les consommateurs se disciplinent et se plient aux exigences du Grid
 - Toute contrainte de consommation limite... la consommation (achat des VE)
 - 2 millions d'automobilistes éco-responsables au point de se plier aux contraintes ?
 - « Moi, si j'ai une course urgente à faire je veux être sûr que ma voiture soit prête à partir »
- 2 - Le Grid est suffisamment intelligent pour faire les bons choix
 - Et que tout un chacun ait la discipline de brancher son véhicule dès qu'il est parké
 - Combien de milliards d'euros pour un SmartGrid opérationnel et temps de déploiement ? Quand ?
- Il faut 2,5 bornes de recharge en moyenne par véhicule (rapport Nègre)
 - 3 K € / borne, coût prévisionnel = 6 Md €

Dissipons la fumée...

- Il n'y a pas d'infrastructure de recharge H₂ en France, déployons des véhicules à batterie !
- Mais : il n'y a pas non plus d'infrastructure de recharge batteries !!
 - Problématiques de sécurité et de tension = bornes de recharge et câbles spécifiques
 - Borne publique 3 kW / 16A = 3000 € l'unité (à la charge de la collectivité)
 - Borne domestique « Wallbox » = 750 € l'unité (à la charge des consommateurs)
- Question : quel est le coût réel d'une infrastructure de recharge VEB (batteries) vs FCEV (H₂) ?

Comparaison coûts de recharge station publique de recharge : batterie vs hydrogène

Hypothèse du modèle :

| | BEV 1 | BEV 2 | FCEV 1 | FCEV 2 |
|--------------------------------------|---------|---------|-----------|-----------|
| Autonomie effective moyenne | 80 km | 120 km | 400 km | 600 km |
| Temps de recharge moyen en mn | 300 mn | 360 mn | 5 mn | 7 mn |
| Borne de recharge publique 3kW 16A | 3 000 € | 3 000 € | | |
| Station de distribution H2 AJC | | | 220 000 € | 300 000 € |
| Durée d'amortissement / remplacement | 5 ans | 5 ans | 6 ans | 7 ans |

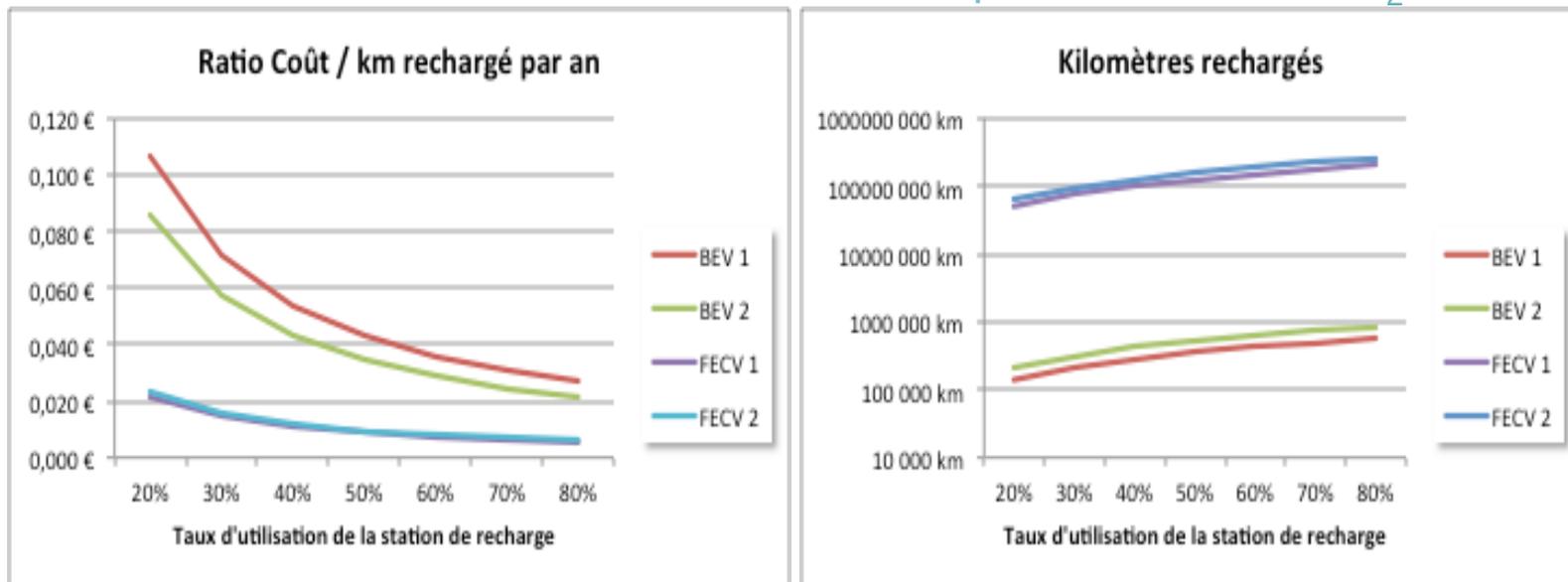
BEV 1 = Températures froides + chauffage, BEV 2 = Performances maximales

FCEV 1 - 350 bars, FCEV 2 - 700 bars

© Seiya Consulting 2011

Meilleur rendement investissement recharge : H₂

- Variation de la durée d'amortissement sans impact significatif
- Il faut environ 72 stations BEV pour recharger autant de véhicules qu'une seule station H₂
 - Soit $72 \times 3000 \text{ €} = 216\,000 \text{ €}$ = prix de 1 station H₂
- Il faut environ 360 stations BEV pour recharger autant de km qu'une seule station H₂
 - Soit $360 \times 3000 \text{ €} = 1\,080\,000 \text{ €}$ = le prix de 5 stations H₂

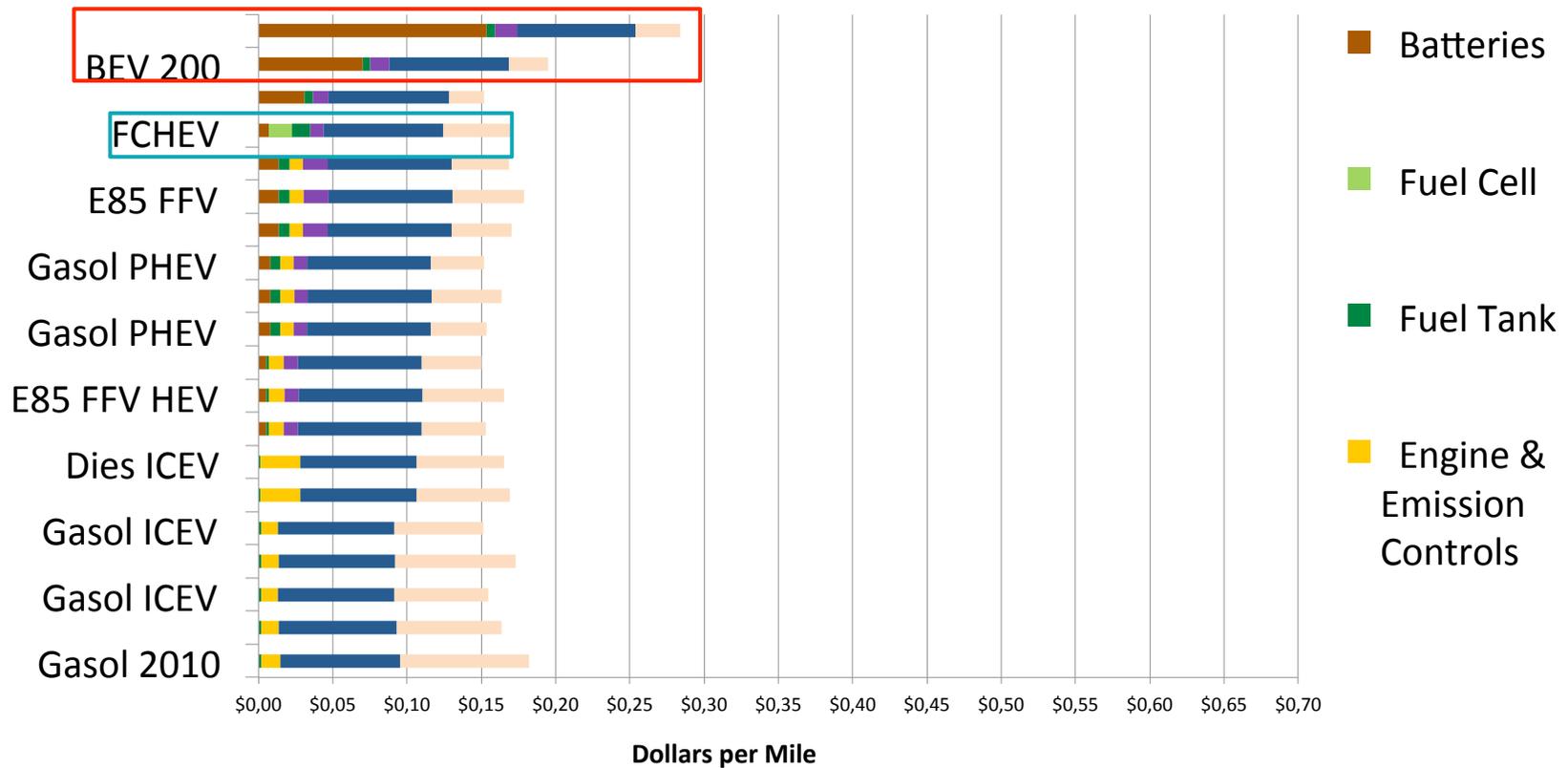


Les TCO 2030

The winner is... Fuel Cells!

Etude TCOs 2030 du DoE US (21 octobre 2011)

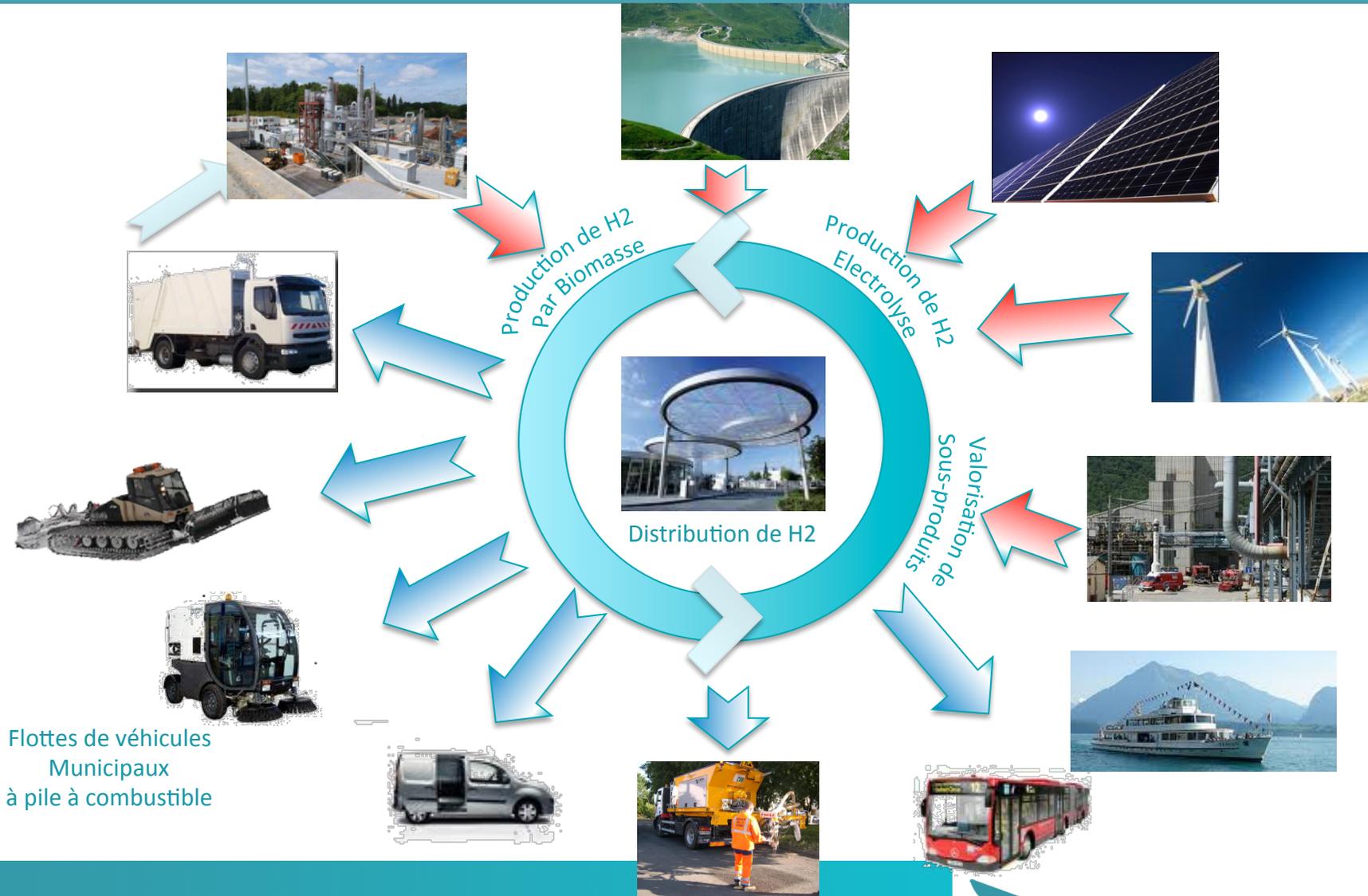
Component Cost per Mile in Year 2030
(except where indicated)



LA FILIÈRE HYDROGÈNE

- Tout n'est pas perdu !
- Hybridation possible batteries / PAC H₂ « prolongateurs d'autonomie »
- Déploiement de flottes utilitaires captives avec stations de recharge privées
 - Return to base = maximisation de l'usage de l'installation
- Stockage ENR sur H₂
 - Démonstrateur Myrthe en Corse
 - Nov 2012 : premier AMI ADEME stockage H₂ (GDF Suez + McPhy)
- Rapport le l'OPECST (Parlement/Sénat) sur H₂ en cours

Scénario de démarrage, flottes captives H2

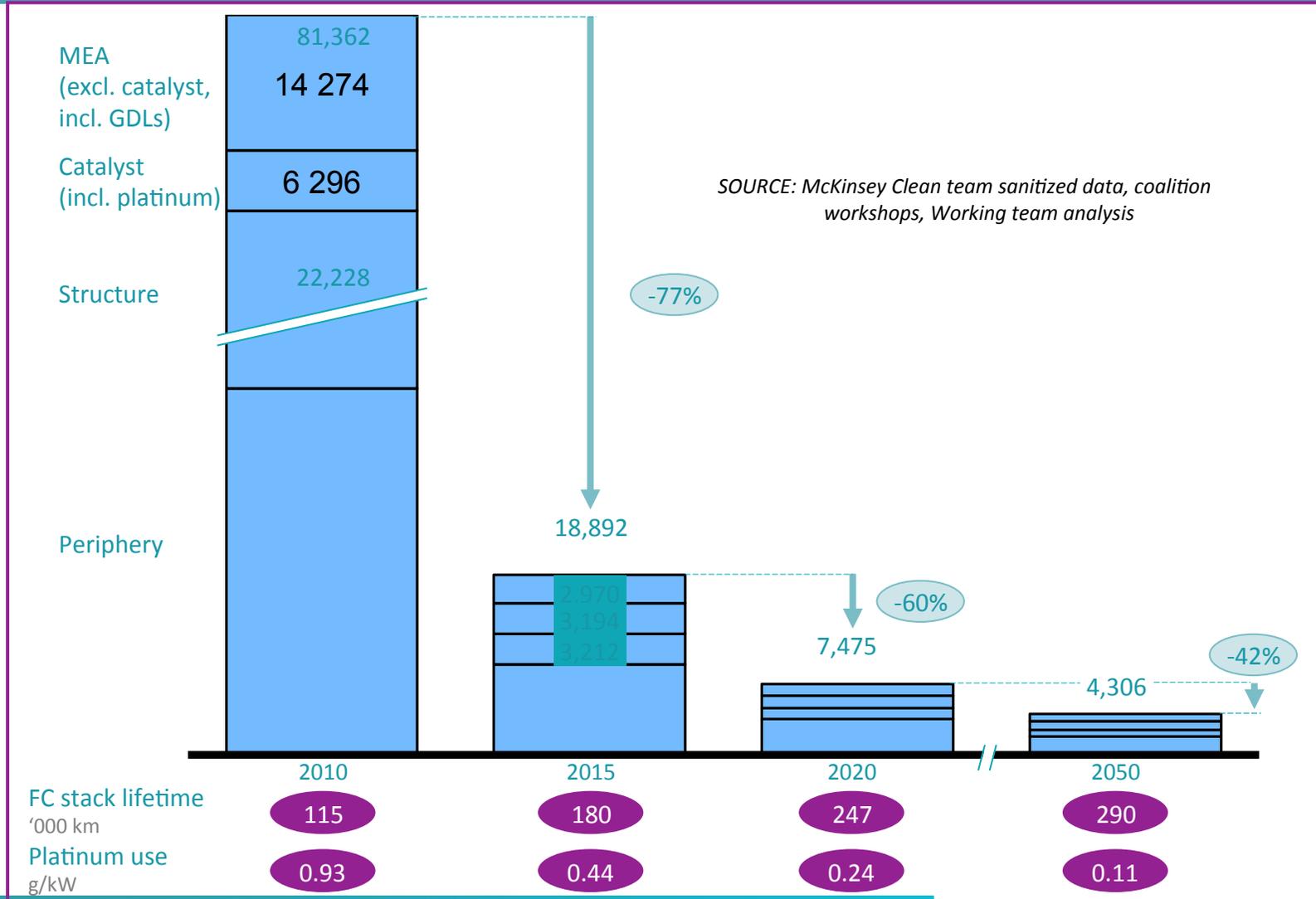


Le prix acceptable de l'hydrogène ?

(1) 200l de Gazole, soit 600kWh "d'énergie mécanique"

| Vecteur énergétique | Prix à la pompe | Rendement véhicule | Prix du plein ⁽¹⁾ |
|---------------------|-------------------------------------|--|------------------------------|
| Diesel → | 1,3€/l PCI: 11 kWh/l | Moteur/trans η: 25% | 284€ 0,47€/kWh |
| GNV → | 0,88€/kg PCI: 13,9 kWh/kg | Moteur / trans η: 15% | 253€ 0,42€/kWh |
| Hydrogène → | 7€/kg PCI: 33 kWh/kg | PAC, Electronique, Moteur η: 45% | 284€ 0,47€/kWh |
| E85 → | 0,85€/l PCI: 6.5 kWh/l | Moteur / trans η: 20% | 392€ 0,65€/kWh |

Evolution des coûts PACs



- Hy Kangoo de Symbio FCell : Le véhicule permet une recharge de 1,6 kg d'hydrogène en 3 minutes. Soit un plein pour 16 € en comptant l'hydrogène à 10 €. Le véhicule est rechargé électriquement préalablement pour un coût de 1,98 € (charge des batteries en heures pleines). Il assurera ensuite un parcours de 300 km pour un coût de 17,98 € grâce aux prolongateurs d'autonomie hydrogène. Le même parcours effectué par un Kangoo DCi avec une consommation optimisée de 5 l aux 100 km revient à 21 €.

Piliers du futur énergétique

28

