
1 – Gestionnaire de flottes

1 – 1 . Flotte de taxi

1 – 2 . VUL

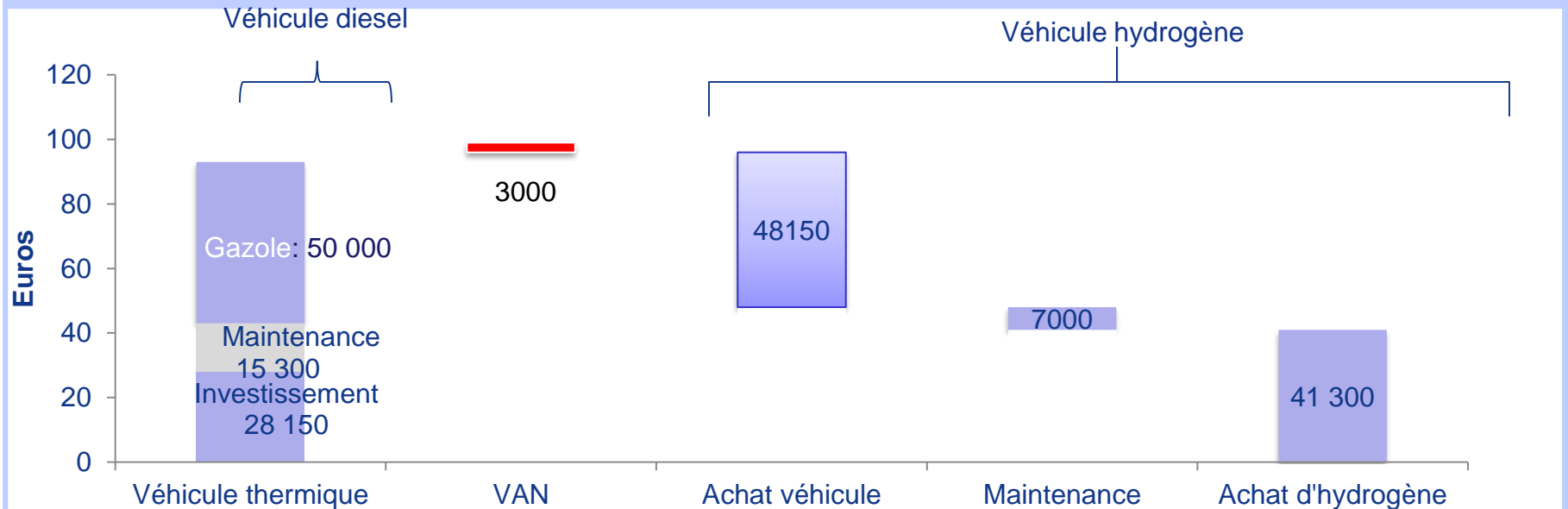
1 – 3 . Location de vélos

2 – Exploitation des stations

3 - Production d'hydrogène par électrolyse

1 - 1 Pour le gestionnaire de flotte de taxis, remplacer un véhicule diesel (effectuant 80 000 km par an) par un véhicule hydrogène « full power » (Exemple du Hyundai ix35) sera rentable à moyen terme. Dans l'immédiat des soutiens financiers restent nécessaires

Coût total de possession (TCO) = Coûts actualisés à 8% sur une période de 7 ans



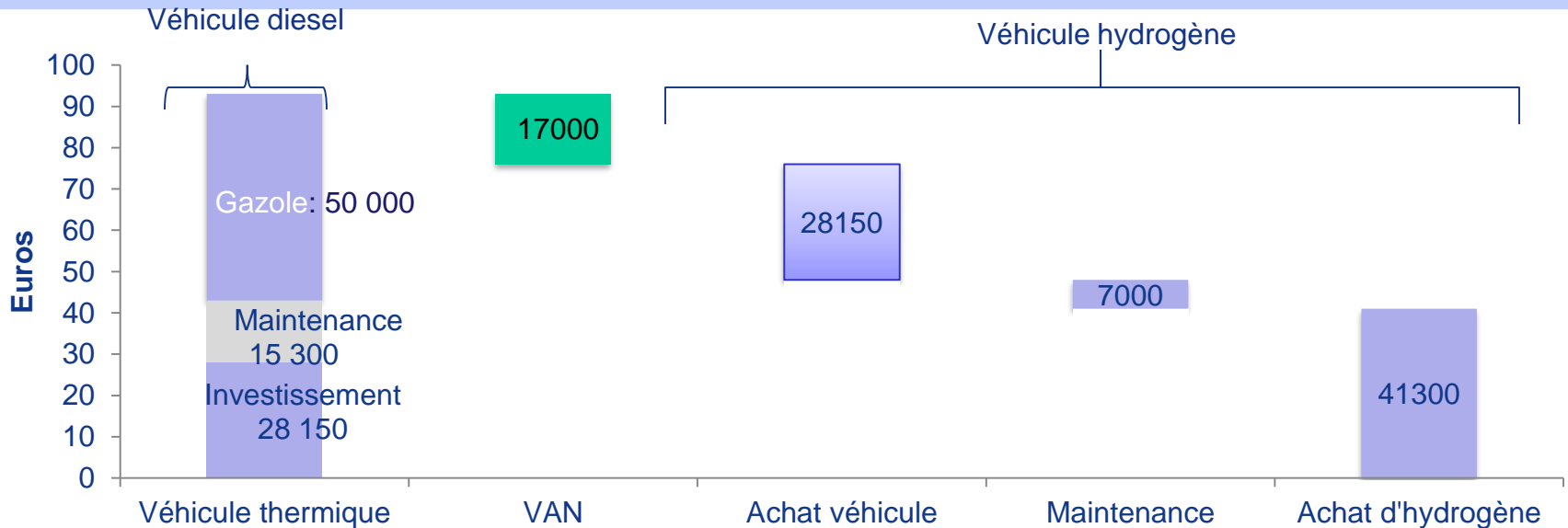
Données principales :

- Hyundai ix35 diesel : **28 150 €**
- Opex (yc Assurance) = 700 €/an + 28 €/1000km
- Prix du gazole : **1.20 €/l** – Consommation véhicule diesel: **10 l / 100 km**
- Hyundai ix35 FCell : **48 150 €** (après déduction du bonus écologique)
- Opex (yc Assurance) = 790 €/an + 7 €/1000km
- Prix d'achat de l'hydrogène : **9.9 €/kg** – Consommation H2 : **1.0 kg/100 km**

Résultat : Besoin d'une subvention de **4 000 €** pour obtenir un TIR de **10 %**

1 - 1 Pour le gestionnaire de flotte de taxis, remplacer un véhicule diesel (effectuant 80 000 km par an) par un véhicule hydrogène « full power » (Exemple du Hyundai ix35) sera rentable à l'avenir lorsque le prix du véhicule H2 aura baissé

Coût total de possession (TCO) = Coûts actualisés à 8% sur une période de 7 ans



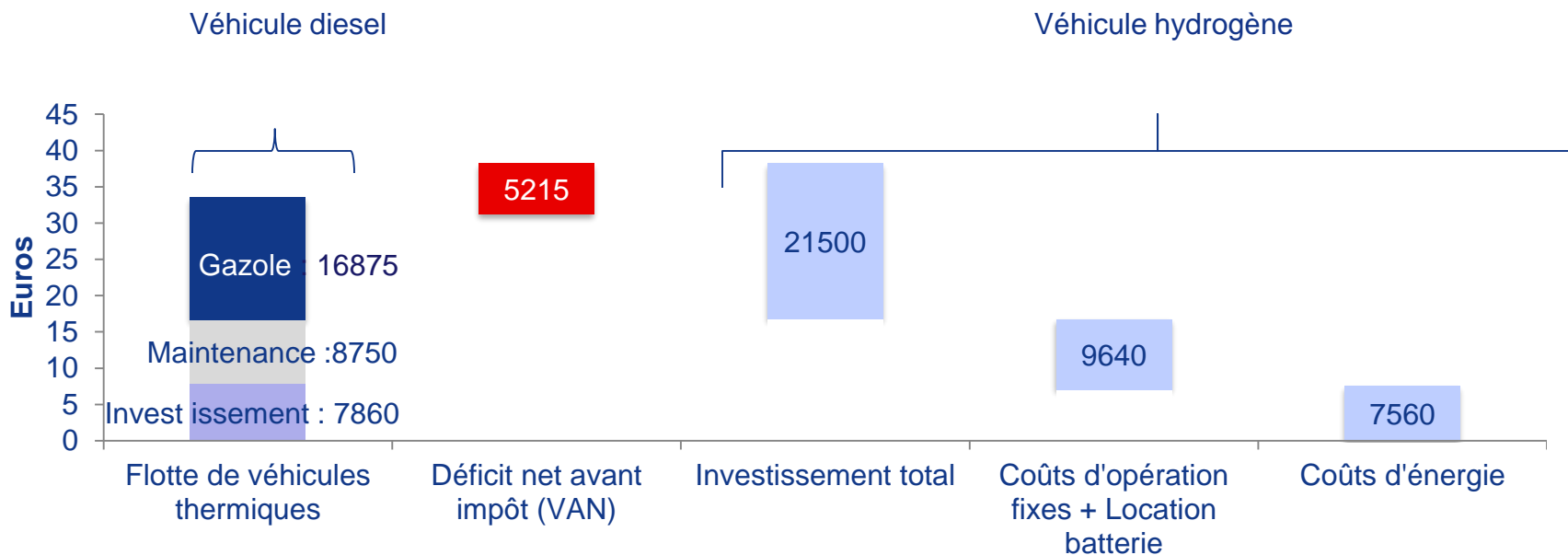
Données principales :

- Hyundai ix35 diesel : **28 150 €**
- Opex (yc Assurance) = 700 €/an + 28 €/1000km
- Prix du gazole : **1.20 €/l** – Consommation véhicule diesel: **10 l / 100 km**

- Hyundai ix35 FCell : **28 150 €** (après déduction du bonus écologique)
- Opex (yc Assurance) = 790 €/an + 7 €/1000km
- Prix d'achat de l'hydrogène : **9.9 €/kg** – Consommation H2 : **1.0 kg/100 km**

1 – 2 . Remplacer un véhicule diesel (effectuant 150 km par jour) par un véhicule hydrogène (parcourant 100 km sur batterie et 50 km avec l'hydrogène) est une opération proche de la rentabilité (Ecart de TCO : 87€/mois sur 5 ans)

Coût total de possession (TCO) = Coûts sur une période de 5 ans , non actualisés

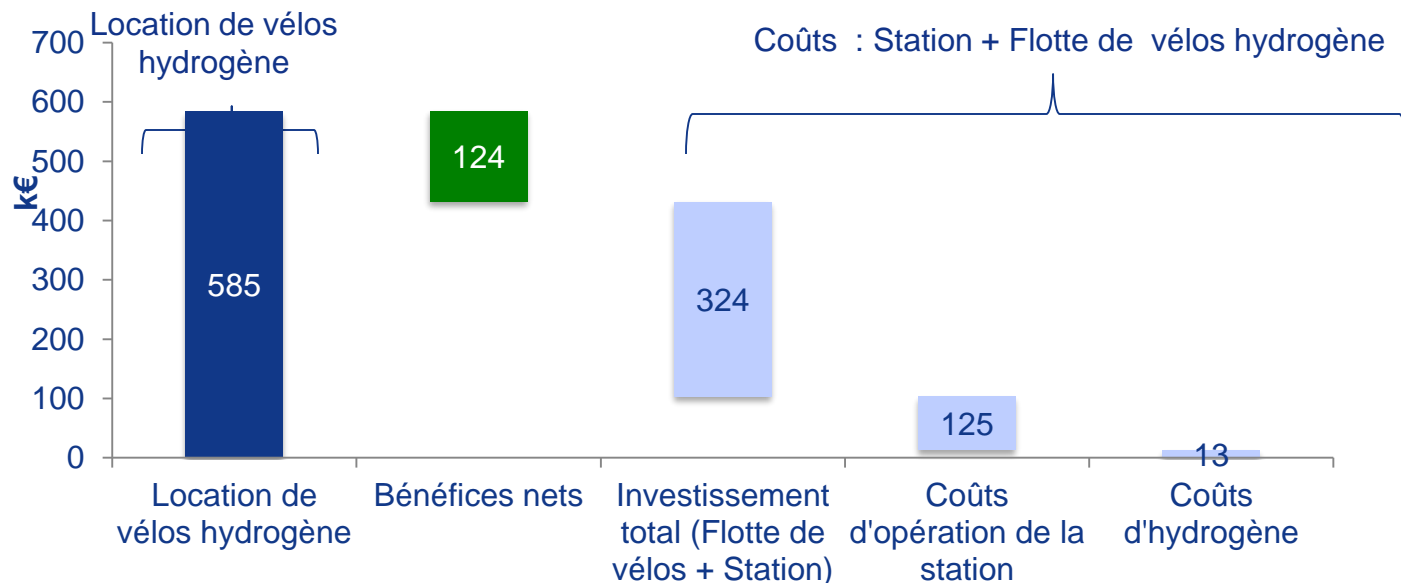


Données principales :

- **KangooZE** : 20 000 € - 6 300 € (Bonus écologique) – Prolongateur d'autonomie : 27 000 € - 10 000 € (Subvention UE)
soit Coût achat HyKangoo : 30 700 € (valeur résiduelle après 5 ans : 9200 €)
- Opex = 1052 €/an dont Assurance = 500 €/an
- Location de batteries : 73 €/mois
- **Coût achat Kangoo Diesel** : 11 500 € (valeur résid. après 5 ans : 3640 €) – Opex = 1750 €/an dont Assurance = 700 €/an
- Nombre de jours ouvrés annuels : 250 – Nombre de km parcourus chaque jour: 150 km
- Prix de l'électricité : **106 €/MWh** – Consommation d'électricité : 15 kWh/100km
- Prix d'achat de l'hydrogène : **9.9 €/kg H₂** – Consommation H₂ : 0.9 kg/100 km
- Prix du gazole : **1.20 €/l** – Consommation véhicule diesel: 7,5 l / 100 km

1 – 3 . La location de vélos hydrogène à usage touristique (Flotte de 20 vélos renouvelée tous les 3 ans) permet au loueur, en admettant une fréquentation de 80 %, d'obtenir une rentabilité (TIR projet) de 21 % sur 15 ans compte tenu d'aides à l'acquisition et au premier renouvellement de la flotte

Coûts actualisés à 8% sur 15 ans



Données principales

- Coût de la station de recharge : 75 000 € (hors EPC)
- Opex annuel : 8% Coût Station
- Coût du vélo hydrogène : 7 500 € (5 000 € après 3 ans, 3 000 € après 6 ans)
- Opex vélo hydrogène : 400 €/an
- Coût d'achat de l'H2 : 30 €/kg – Quantité annuelle d'hydrogène nécessaire : 48,8 kg
- Location par journée : 35 €/jour - Durée de la saison : 122 jours (4 mois)
- Flotte de 20 vélos - Taux d'utilisation des vélos : 80 %
- **Remarque importante : il est possible d'améliorer la rentabilité du modèle en louant les vélos pendant la saison creuse (exemple à Cherbourg : location mensuelle à des personnes en insertion professionnelle)**

2 - EXPLOITATION DES STATIONS

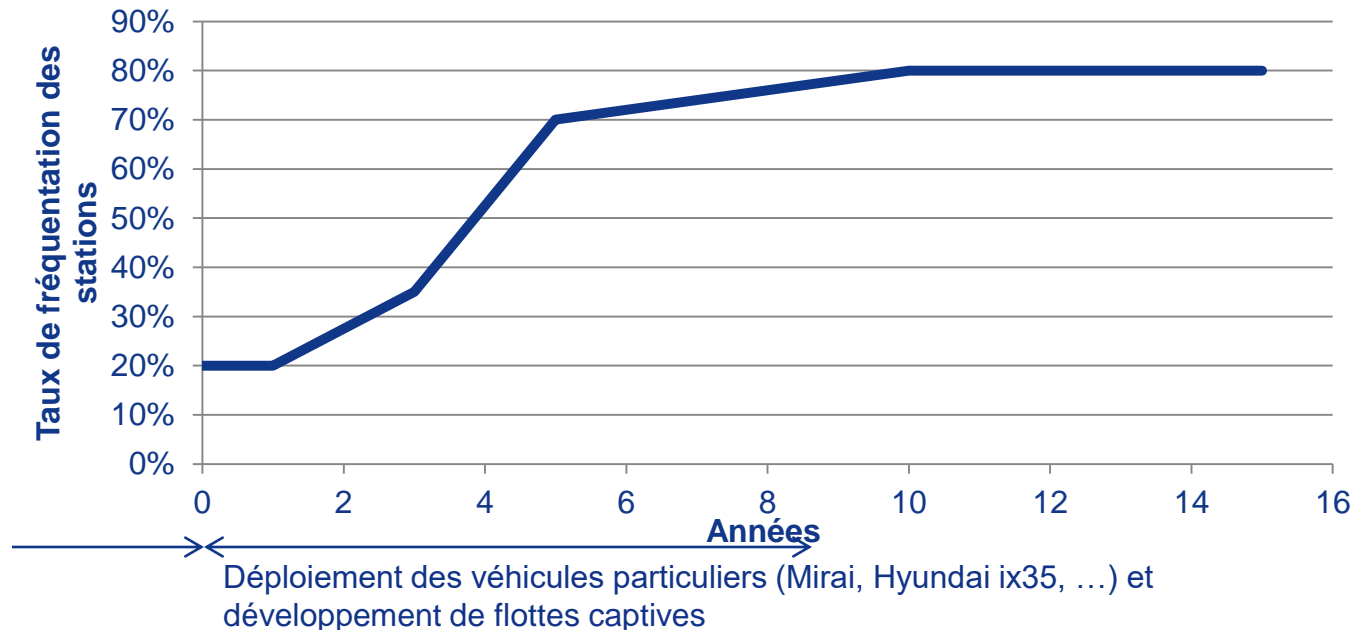
- Coût de la station 200 kg/jour – 350/700 bar : **1,5 M€** (yc EPC mais hors génie civil et raccordement électrique)
- Nombre de jours de fonctionnement de la station = 340 jours / an

- Coût annuel de maintenance de la station : **6% CAPEX**

- Prix d'achat de l'H₂ : **6.1 €/kg**
- Prix de vente de l'H₂ : **9.90 €/kg**

2 -1. En l'état actuel des coûts, des aides doivent être mobilisées pour garantir un taux interne de rentabilité de 8 % sur 15 ans

Evolution du taux de fréquentation de la station (200 kg/jour – 350/700 bar) en fonction du temps



Remarque importante : La station (200 kg/jour – 350/700 bar) est installée dès que le taux initial de fréquentation atteint 20% (après l'installation d'un starter kit par exemple)

RESULTAT : Pour un coût de station de **1,5 M€**, les subventions nécessaires sont de :

- **680 000 €** pour un prix d'achat de l'hydrogène de 6,1 €/kg .
- **440 000 €** pour un prix d'achat de l'hydrogène de 5 €/kg .

**2 – 3 . Des subventions sont nécessaires pour amorcer le marché
en finançant le déploiement de
« Starter kits » (Station de 20kg/jour à 350 bars)**

Coût du « Starter kit » (yc EPC) : 275 000 €

**Coût annuel d'exploitation et de maintenance : 10% du
coût de la station soit 25 000 €/an**

**Opex variables (Electricité/Compression jusqu'à 350 bar) :
3,1 kWh/kg**

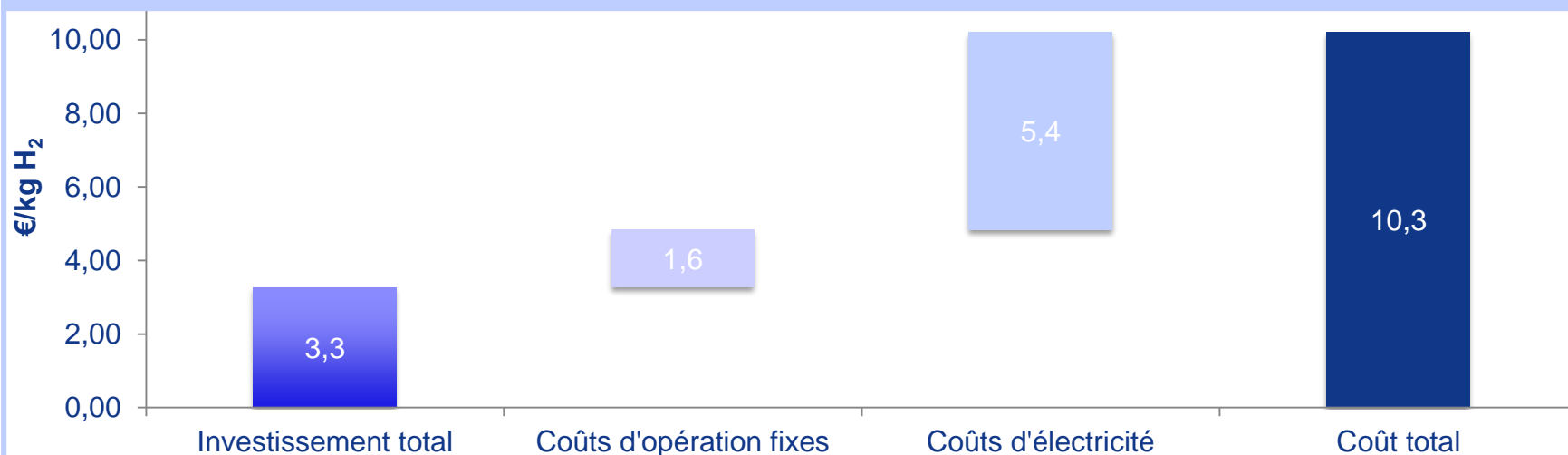
Prix de vente de l'hydrogène : 9,9 €/kg

3 - PRODUCTION D'HYDROGENE PAR ELECTROLYSE

- 3 – 1. Alimentation d'un « Starter kit »
- 3 – 2. Production par électrolyse à l'échelle d'un territoire
(Electrolyseur de 3,2 MW – Production de 1,26 t/jour)
- 3 – 3. Produire par électrolyse sur site pour alimenter une station de 200 kg/jour coûte plus cher que produire à l'échelle d'un territoire

3 – 1 . Produire sur site par électrolyse pour alimenter un « Starter kit » coûte **10,3 €/kg H₂**

Coûts actualisés à 8 % sur 15 ans



- Puissance de l'électrolyseur (18 kg H₂/jour) = 52 kW
- Prix EXW (Sortie usine) de l'électrolyseur = **3 000 €/kW**
- EPC = **3 %** x Prix EXW
- Prix du système électrolyseur : 160 500 €
- Remplacement du stack après 9 ans (13,3 % du Capex) : 21 400 €
- Coût annuel de maintenance de l'électrolyseur : **6 % Capex**

- Consommation électrique électrolyseur : 68.4 kWh/kg
- Prix de l'électricité : **75,4 €/ MWh**

Nota : Pour un prix de l'électricité de 30 €/MWh, le coût de production serait de 8,1 €/kg

3 – 2 . Production par électrolyse à l'échelle d'un territoire 1,26 t/jour- Electrolyseur de 3,2 MW

Investissement électrolyseur

- Prix EXW (sortie usine) = **1000 €/kW** actuellement – 600 €/kW en 2025 (Estimation)
- EPC = 10 % x Prix EXW
- Connexion (au réseau électrique)= 10 % x Prix EXW
- CAPEX= Puissance x (Prix EXW +EPC+ Connexion) x 1,3 (Coût du projet)
- Remplacement du Stack au bout de 9 ans = 34 % du Prix EXW

Electrolyseur : 4 951 500 € - Remplacement stacks électrolyseur après 9 ans : 1 089 300 €.

➤ **Investissement Compression 300 bar** : 1 000 000 €

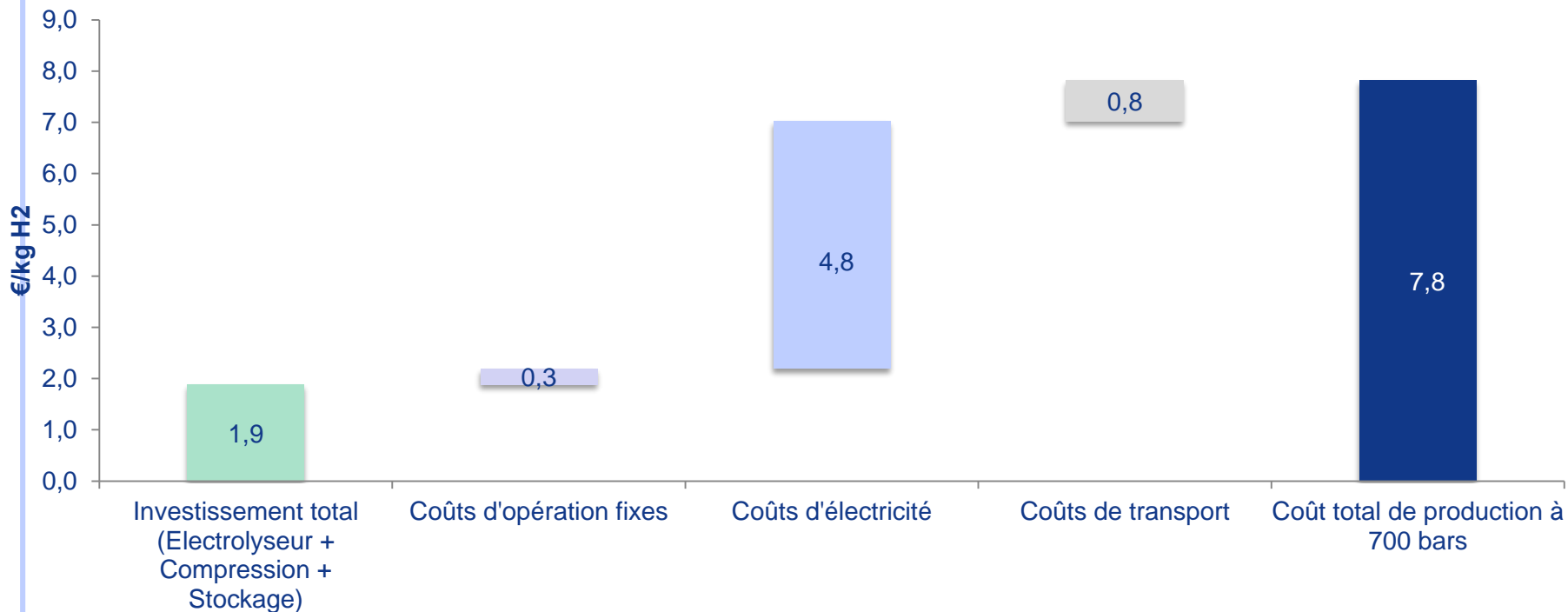
- Capex = 18 000 €/ kgH2 comprimé/h (Variante à 1800)

➤ **Investissement Stockage en tube trailer** : 443 500 € (un jour de production)
(Coût du stockage en tube trailer = 352 €/kgH2 stocké)

- Coût annuel de maintenance électrolyseur: **4,2 % du Prix EXW**
- Consommation électrique électrolyseur: 60 kWh/kg – Consommation électrique compression (30-300 bar): 4 kWh/kg
- Prix de l'électricité : **75.4 €/ MWh**
- Distance de la production à la station : 50 km (Coût du transport : 0.40€/kg + 0.0059 €/kg/km)

3 – 2 . A l'échelle d'un territoire (1,26 t/jour- Electrolyseur de 3,2 MW), le coût de production par électrolyse d'hydrogène livré station est de **7,8 €/kg**

Coût de production de l'hydrogène sur la base des coûts actualisés à 8% sur 15 ans



Sensibilité : Si l'électrolyseur coûte 600 €/kW (Coût estimé en 2025) , le coût de l'hydrogène produit est de **7 €/kg**

3 – 3. Pour alimenter une station de 200 kg/jour, produire sur site ou à l'échelle d'un territoire?

- Puissance de l'électrolyseur (200 kg H₂/jour) : 450 kW
- Durée annuelle de production = 340 jours
- **Investissement Electrolyseur (Hors raccordement au réseau électrique)**
 - Prix EXW (sortie usine) = **2 000 €/kW** actuellement - **1 600 €/kW** en 2025 (Estimation)
 - EPC = **10 %** x Prix EXW
 - CAPEX= Puissance x (Prix EXW +EPC)
 - Remplacement du Stack au bout de 9 ans = 16,7 % du CAPEX
- Investissement électrolyseur (yc 10% EPC) : 798 000 €
- Remplacement du stack : 132 000 €
- Coût annuel de maintenance de l'électrolyseur : **5 %** CAPEX
- Consommation électrique électrolyseur (Pureté >99,999%) : 60 kWhe/kg
- Consommation électrique compression 30-200 bar : 4 kWhe/kg
- Prix de l'électricité : **75,2 €/MWh**

3 – 3 . Une production de masse par électrolyse à l'échelle d'un territoire est plus rentable qu'une production sur site pour alimenter une station de 200kg/j si la distance reste limitée

