



Fondation de la Maison de la Chimie

COLLOQUE HYDROGENE DECARBONE : ENJEUX ET SOLUTIONS?

Paris, Maison de la Chimie, vendredi 13 juin 2019

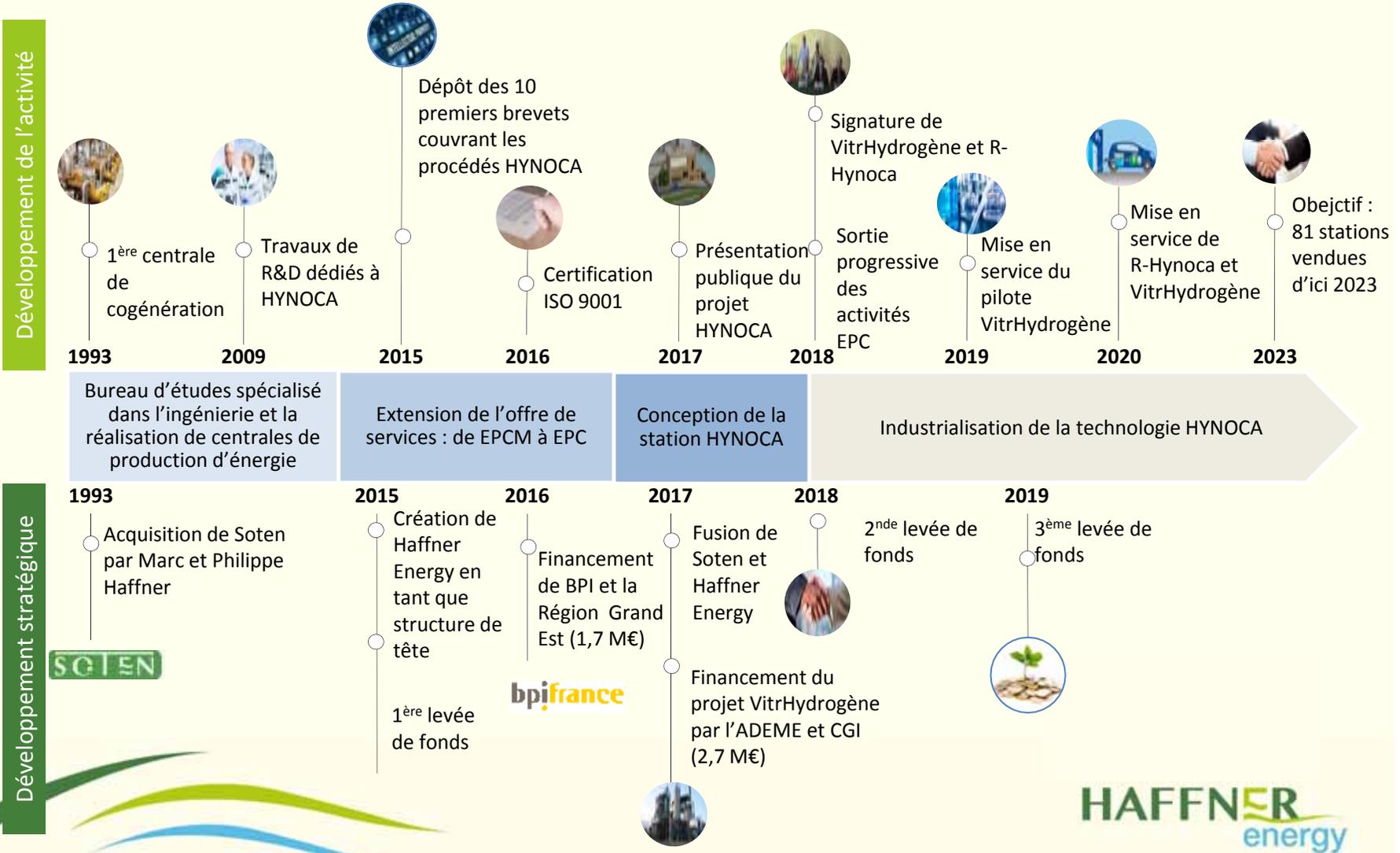
PYROGAZEIFICATION ET THERMOLYSE VAPOCRAQUAGE DE LA BIOMASSE

Philippe Haffner

HAFFNER
energy

Solutions d'efficacité énergétique

HE : une expérience soutenue dans la valorisation de la biomasse ayant abouti au développement du procédé Hynoca de production d'hydrogène



© Copyright_2019

Fondamentaux techniques

© Copyright_2019

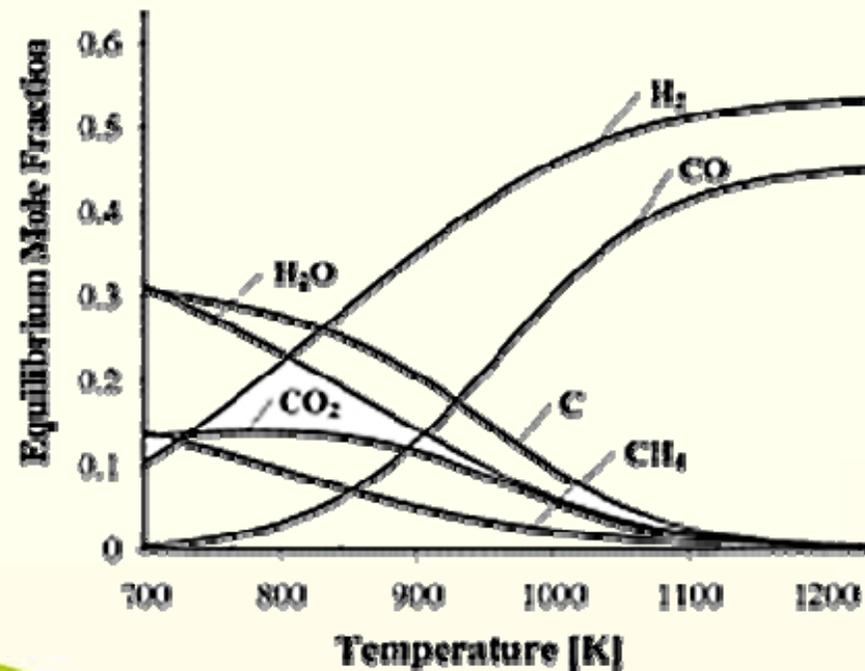
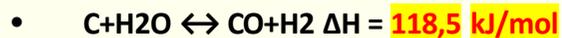
HAFFNER
energy

ENJEU : VALORISER LA BIOMASSE ET LES DECHETS ORGANIQUES EN HYDROGENE

- La biomasse et les déchets organiques : une énergie primaire abondante, très économique, locale et décarbonée
- Le principe : récupérer l'hydrogène de la biomasse, et convertir le solde de l'énergie, sous forme de CO, puis en hydrogène par la relation du gaz à l'eau (Water Gas Shift Reaction)
- Les procédés de thermolyse et pyrogazéification s'apparentent fortement au vaporeformage. Les énergies fossiles sont d'ailleurs à l'origine de la biomasse.

Principales réactions thermochimiques à haute température dites de gazéification

- A l'origine toute biomasse ou déchet organique s'apparente à un polymère de type $C_xH_yO_z$
- Pour le bois, la formule serait de type $C_6H_9O_4n$
- L'objectif est d'obtenir, après une étape à plus de $1000^\circ C$ un mélange composé de H_2 , CO , CO_2 et H_2O
- Après les phases de réduction, les principales réactions thermochimiques en jeu, in fine, sont :



Les réactions catalytiques à température modérée

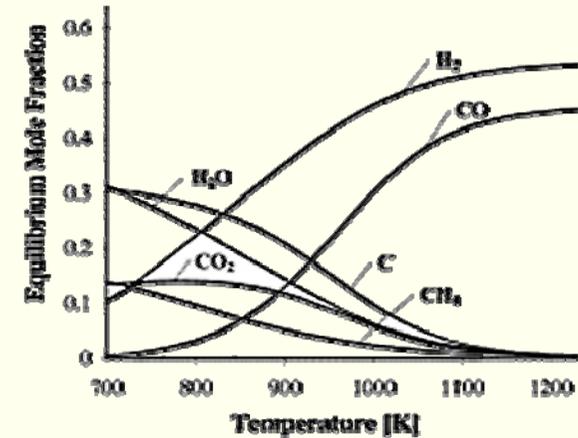
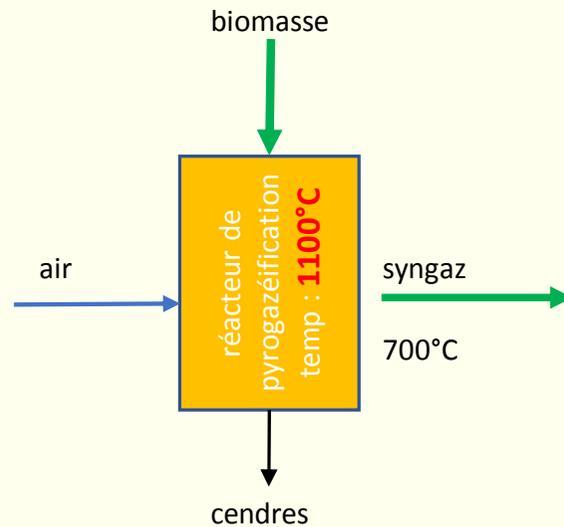
Dans tous les procédés de production d'hydrogène à partir de matière organique, avant d'avoir de l'hydrogène pur, on obtient un mélange de gaz actifs composé de H₂ et de CO, dans des proportions variables selon le procédé.

Le CO est alors mélangé à de la vapeur d'eau. A l'aide de catalyseurs, le CO prélève l'atome d'oxygène de l'eau, et devient du CO₂, permettant ainsi la production d'hydrogène.

La réaction est légèrement exothermique, mais l'enthalpie en excès est compensée par la vaporisation de l'eau.

Réaction du gaz à l'eau (réaction de Dussan) : $\text{CO} + \text{H}_2\text{O} \leftrightarrow \text{CO}_2 + \text{H}_2$ $\Delta H = -40,9 \text{ kJ/mol}$

Principe élémentaire d'un procédé de thermogazéification



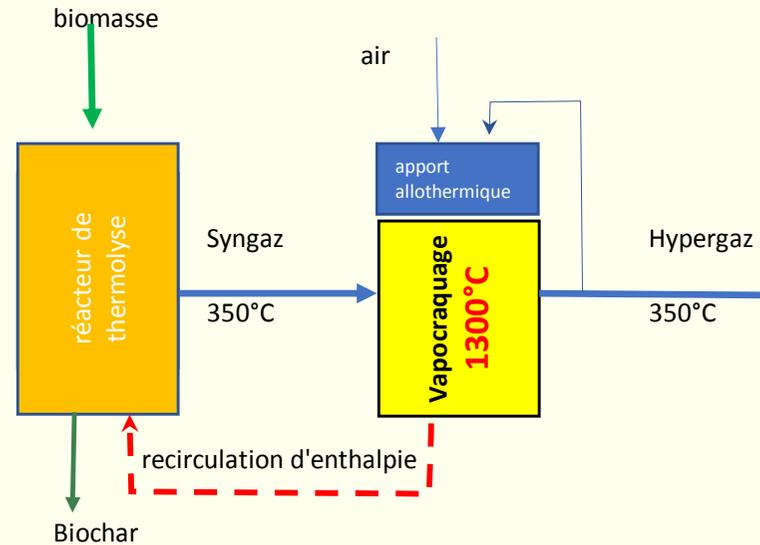
composition typique du syngaz sur sec

N ₂	44%	
CO	24%	2973 KJ/m ³
H ₂	18%	1975 KJ/m ³
CO ₂	12%	
CH ₄	2%	717,0 KJ/m ³
total	100%	5665 KJ/m³

Pertes thermiques

19,3%

Principe élémentaire d'un procédé de thermolyse/vapocraquage

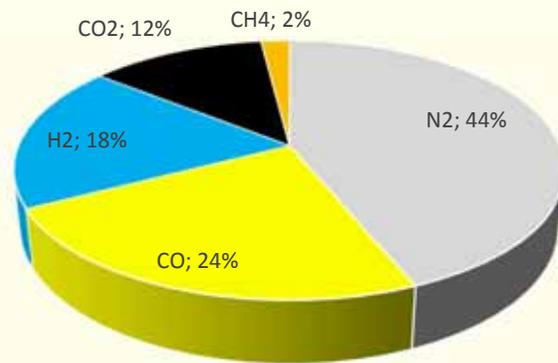


Composition typique de l'Hypergaz* sur sec			Pertes thermiques (hors réaction "Water gas shift")
H2	58%	6263 KJ/m3	
CO	30%	3781 KJ/m3	
CO2	11%		
CH4	0,70%	250,9 KJ/m3	
N2	0,40%		
total	100%	10043 KJ/m3	5,45%

* l'hypergaz est un syngaz dont le PCI est supérieur à 9 MJ/kg

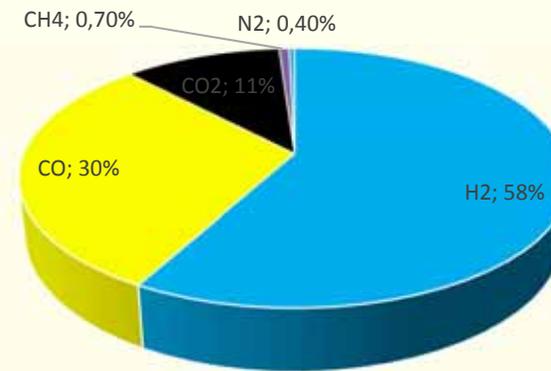
Composition des gaz selon le procédé

Pyrogazéification



■ N₂ ■ CO ■ H₂ ■ CO₂ ■ CH₄

Thermolyse et Vapocraquage



■ H₂ ■ CO ■ CO₂ ■ CH₄ ■ N₂

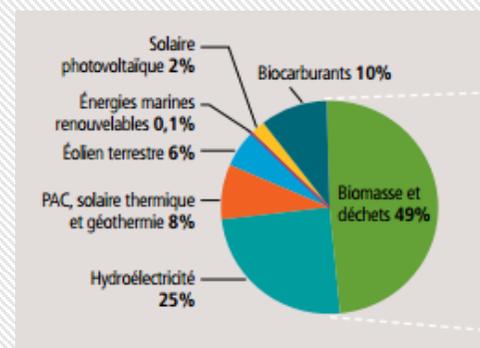
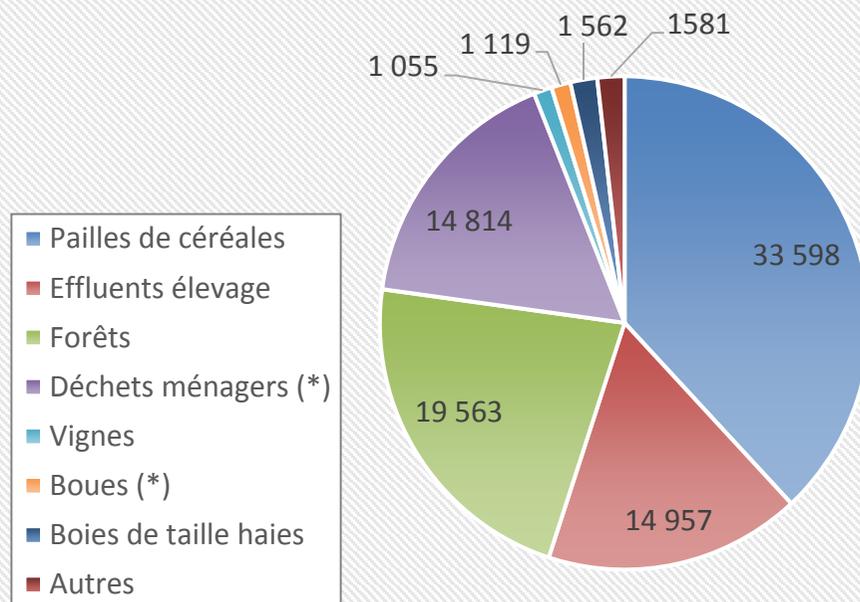
Quels sont les intérêts des procédés de production d'hydrogène par voie thermique à partir de biomasse?

La biomasse est une ressource très abondante universelle, bon marché, et qui favorise l'économie circulaire

Biomasse produite en France annuellement : 1 031 TWh (Pétrole consommé en 2012 : 905 TWh)

Evaluation des ressources disponibles de matière organique solides en France non exploitées pour des utilisations non énergétiques - en Mtep

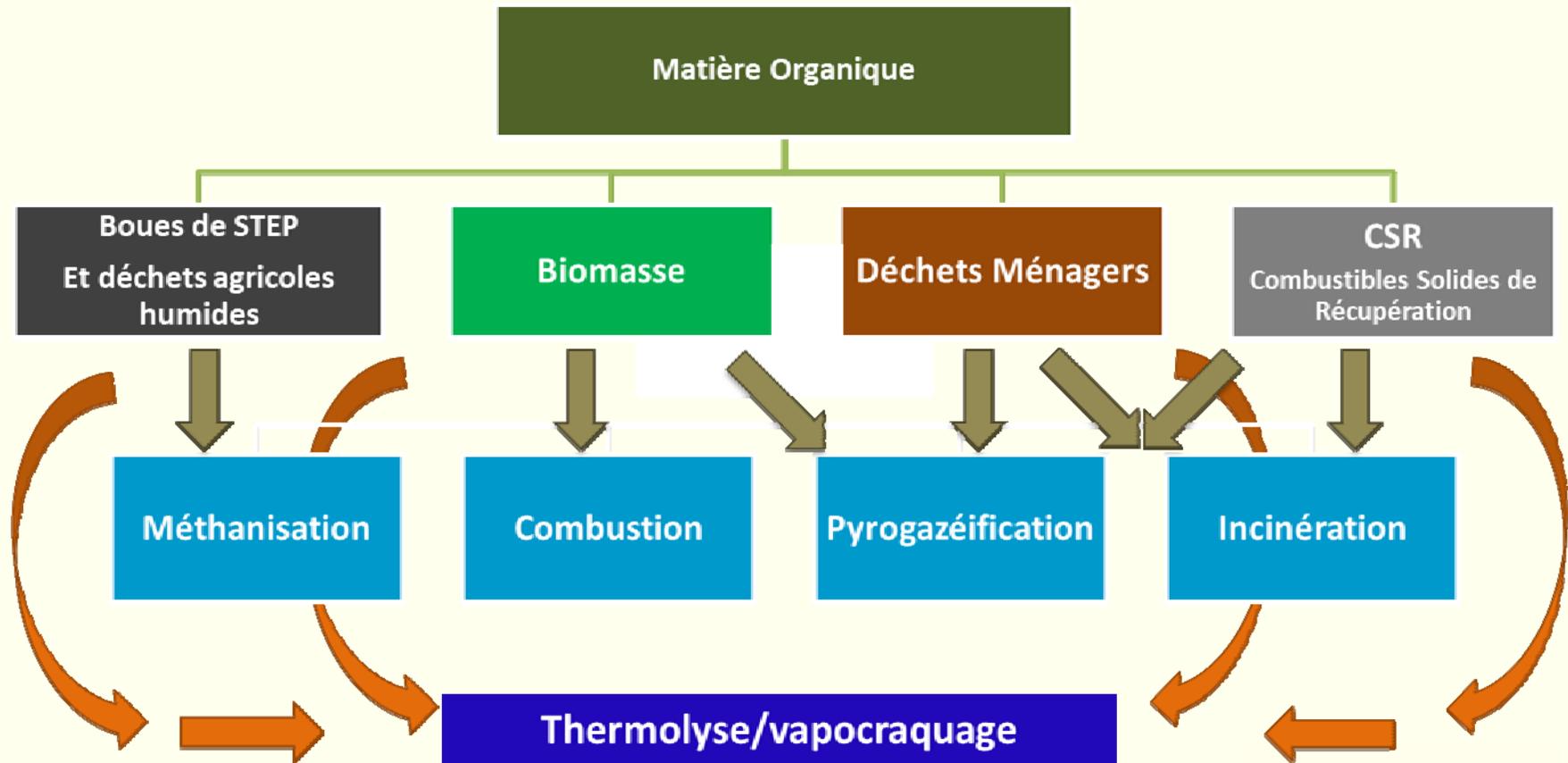
sources : AGRIMER (Observatoire National des Ressources en Biomasse) et ADEME (2012)



Part des ENR en 2013 : 23 Mtep
Soit pour la biomasse : 11, 27 Mtep

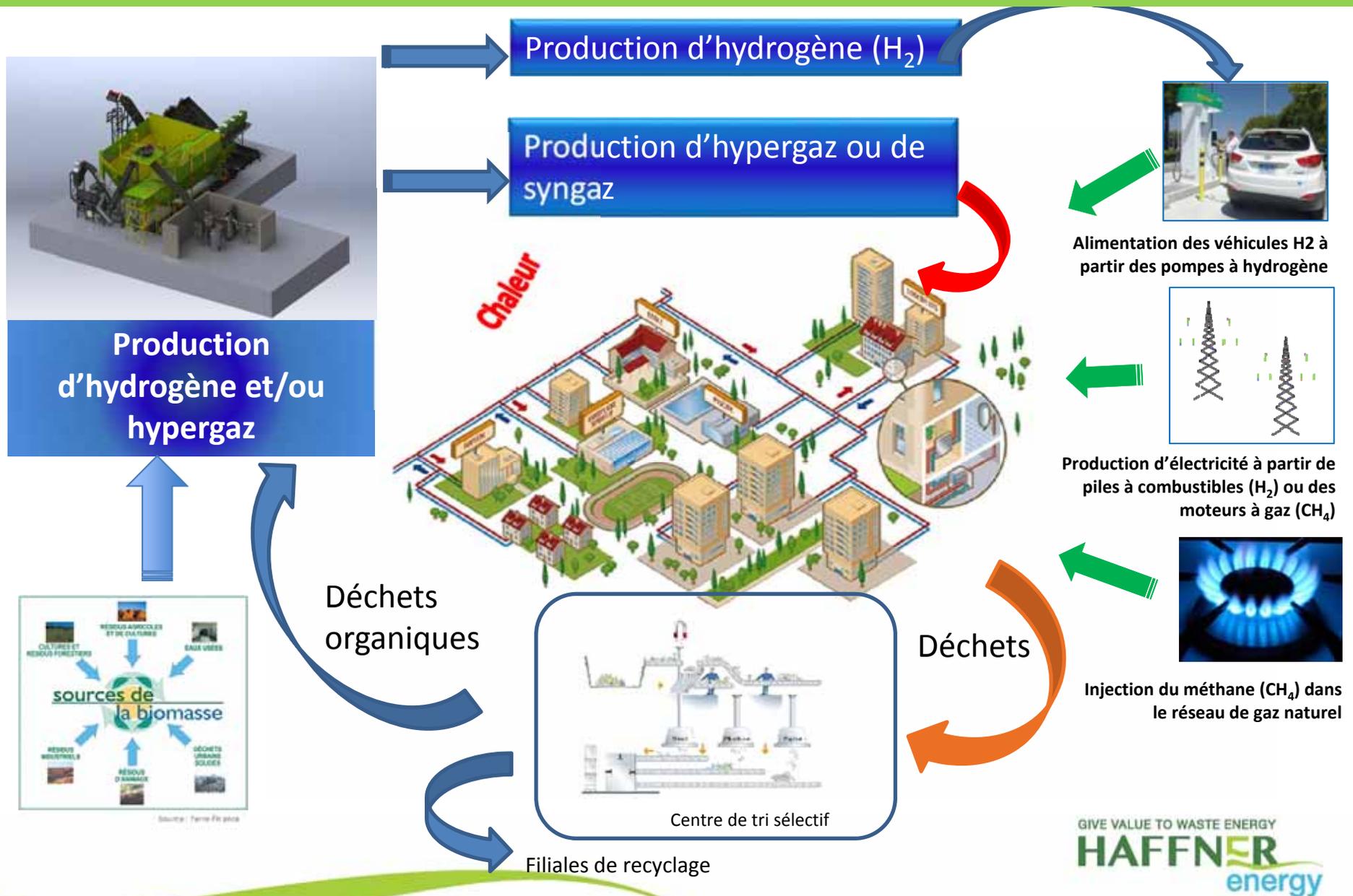
Ce qui représente 12,7% de la biomasse

Une très grande polyvalence d'utilisation des différentes biomasses



©Copyright_2019

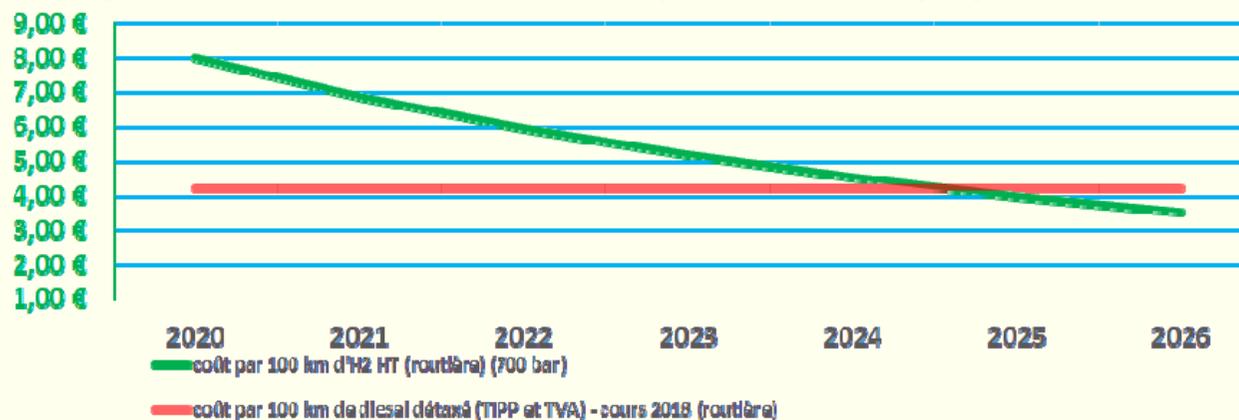
Les procédés thermiques de production d'hydrogène à partir de biomasse permettent de résoudre le problème de l'œuf et la poule



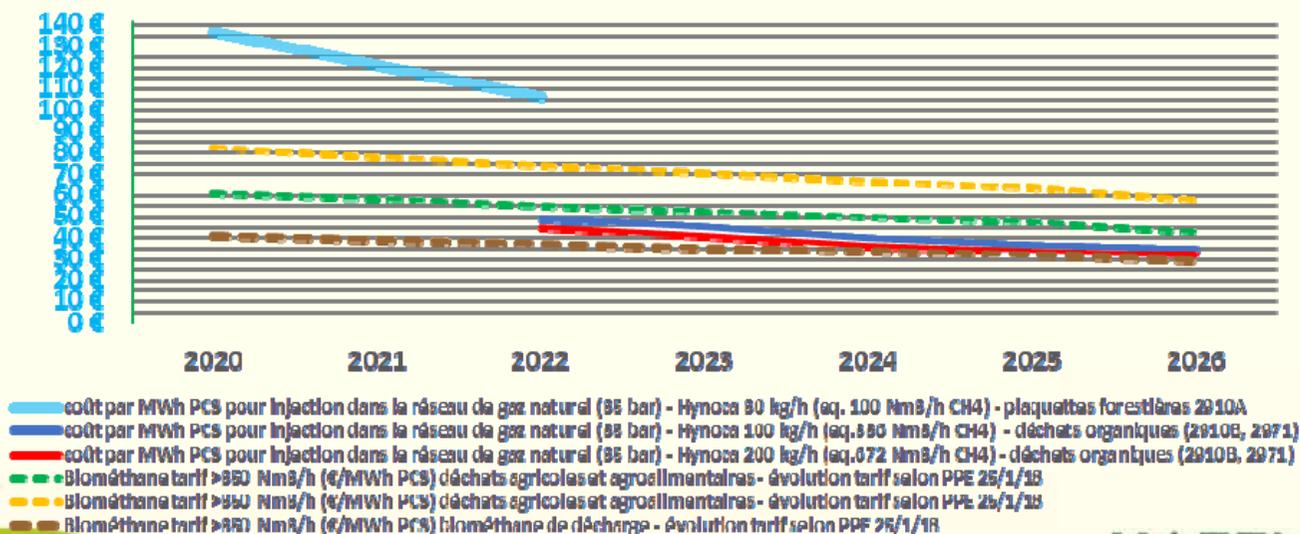
La thermolyse et vapocraquage permet d'obtenir un hydrogène très compétitif

Evolution attendue du coût de l'hydrogène produit par Hynoca

a) mobilité routière - Evolution du coût détaxé pour l'utilisateur à la pompe



b) Injection d'hydrogène dans le réseau de gaz naturel (sans méthanation)



Un rendement du puits à la roue qui surclasse les énergies fossiles

H2 produit par biomasse

Energie primaire : 100 kWh	Biomasse (<100km)	Diesel	Essence
Préparation (broyage ou raffinage) et transport	96 kWh	81 kWh	81 kWh
Production d'hydrogène	79 kWh	0 kWh	0 kWh
Compression	86 kWh	0 kWh	0 kWh
Rendement du réservoir aux roues	0 kWh	0 kWh	0 kWh
Pile à combustible	52 kWh	0 kWh	0 kWh
Moteur/transmission	90 kWh	23 kWh	19 kWh
Energie aux roues	31 kWh	19 kWh	15 kWh

Le rendement de la production d'hydrogène à partir de biomasse « du puits à la roue » est excellent. Il surclasse même les meilleurs cycles de Rankine pour la production d'électricité à partir de biomasse.

HYNOCA®

Merci pour votre attention

Christian Bestien, Marketing and Sales Director

philippe.haffner@haffner-energy.com

contact@haffner-energy.com

+33 6 82 31 32 38

+33 3 26 74 99 10

2, Place de la gare

51300 Vitry-le-François

www.haffner-energy.com

GIVE VALUE TO WASTE ENERGY
HAFFNER
energy

Solutions for energy efficiency