

Journée de la recherche hydrogène bretonne

La valorisation de la biomasse locale, un levier pour le développement de l'économie circulaire et territoriale

Vers une filière territoriale intégrée carbone et énergie

Lydia FRYDA

Groupe Unilasalle

4 Campus: Amiens, Beauvais, Rennes et Rouen

8 Domaines et métiers: Agroalimentaire, Agronomie / Ecologie, Alimentation & Santé, Energie, Environnement, Géologie, Numérique, Vétérinaire

18 Formations: *Bachelor, Master spécialisé, Ingénieur, Vétérinaire*

Unité de recherche ECLORE à Rennes:

Parmi nos objectifs: valorisation de la biomasse en Bretagne

Contexte : ressource abondante, déjà fortement sollicitée

Enjeux : décarbonation et souveraineté énergétique

Problématique centrale : Comment optimiser la création de valeur locale à partir de la biomasse ?

Pyrolyse et biochar

Le Syngaz

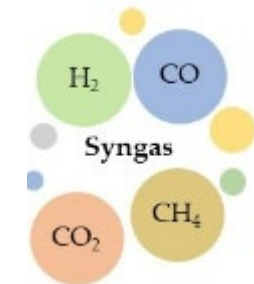
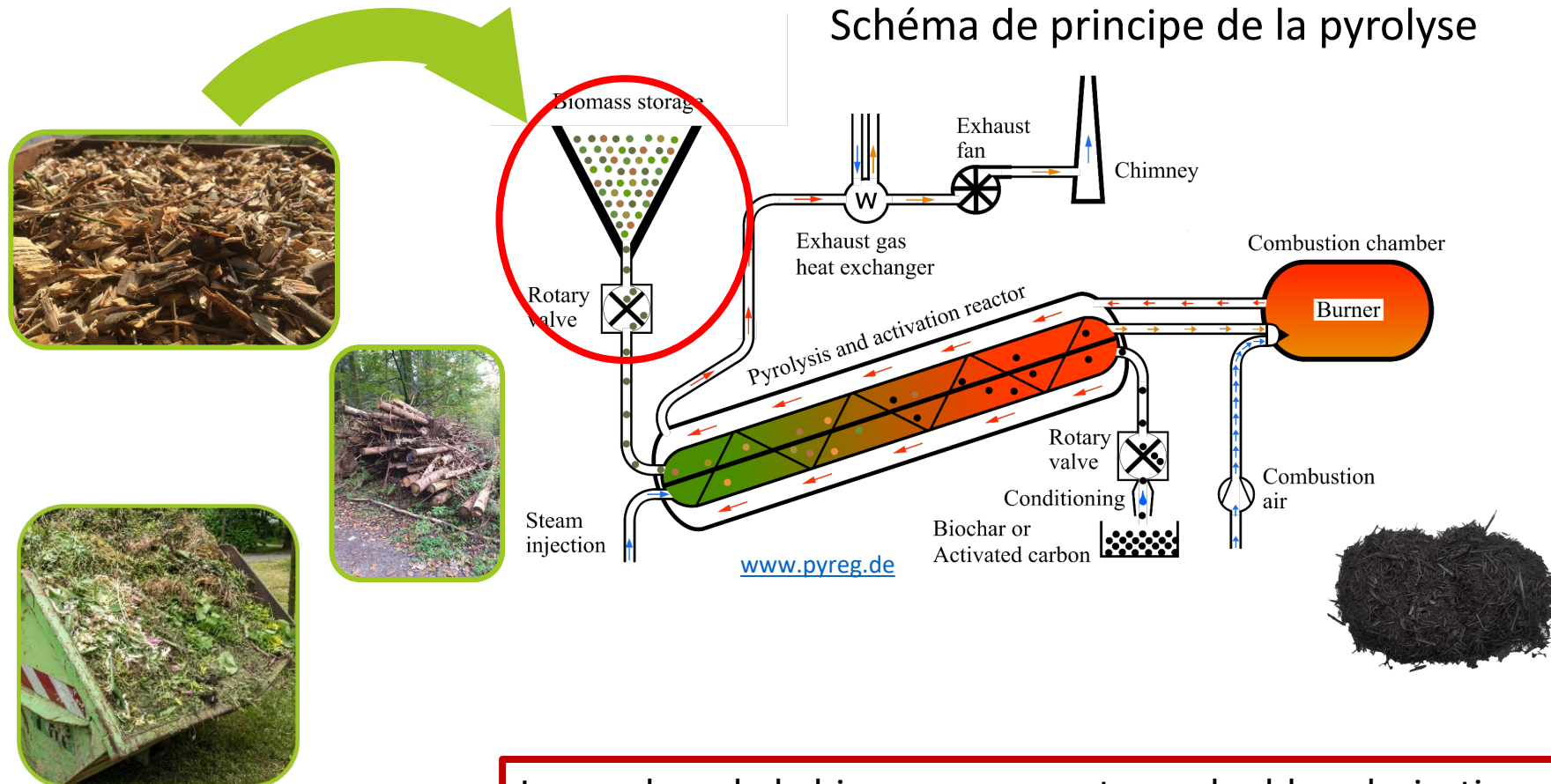
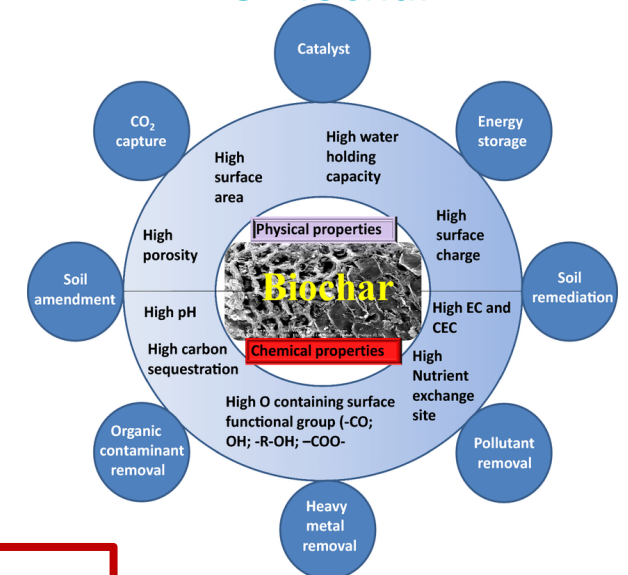


Schéma de principe de la pyrolyse



Le Biochar

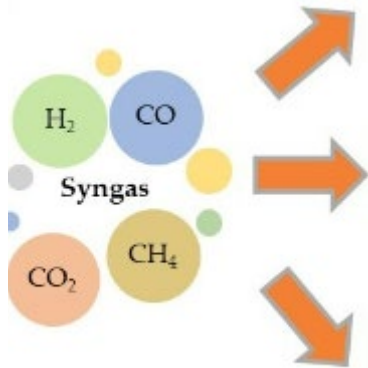


La pyrolyse de la biomasse permet une double valorisation : carbone (biochar) + énergie (H_2).

(Wang et al, 2020)

La transformation du syngas

CO (20–40 %),
H₂ (15–40 %),
CO₂ (10–25 %),
CH₄ (1–5 %).

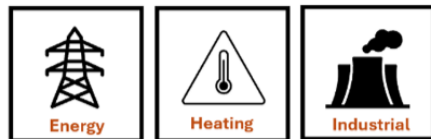


Valorisation chimique (Ni, Fe-Ca oxides, Co, Mo): méthanol, carburants synthétiques, hydrogène

Valorisation biologique (Fermentation): butanol, éthanol

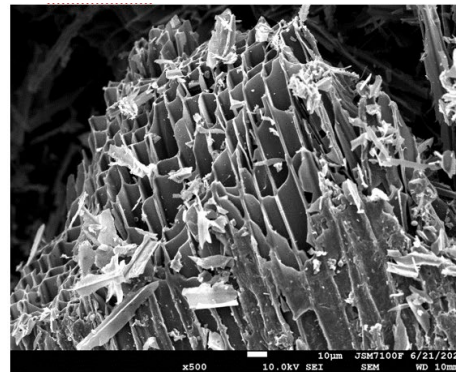
Valorisation directe (machine Stirling, chaleur, cogénération)

La biomasse ne remplace pas l'électrolyse. Elle apporte l'aspect de **co-production d'un puits de carbone (biochar)**.

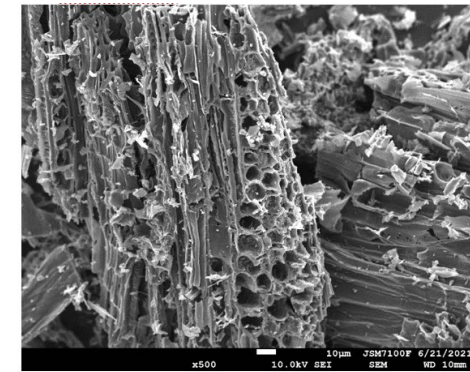


Pourquoi le biochar intéresse les territoires ?

- Poreux, grande surface
- Stable / Récalcitrant (séquestration CO₂)



e. Flax shives biochar heat oxid (at 250°C)



f. Beech wood biochar heat oxid (at 250°C)

Levier de revenu complémentaire:

biomasse → en biochar → en certificats carbone

Cadre: réglementation européenne (Biochar Carbon Removal - BCR)

Intérêt pour les acteurs territoriaux: voie de valorisation locale,
assortie d'un revenu additionnel lié au stockage durable du carbone

Projet Interreg North West Europe « CASCADE »

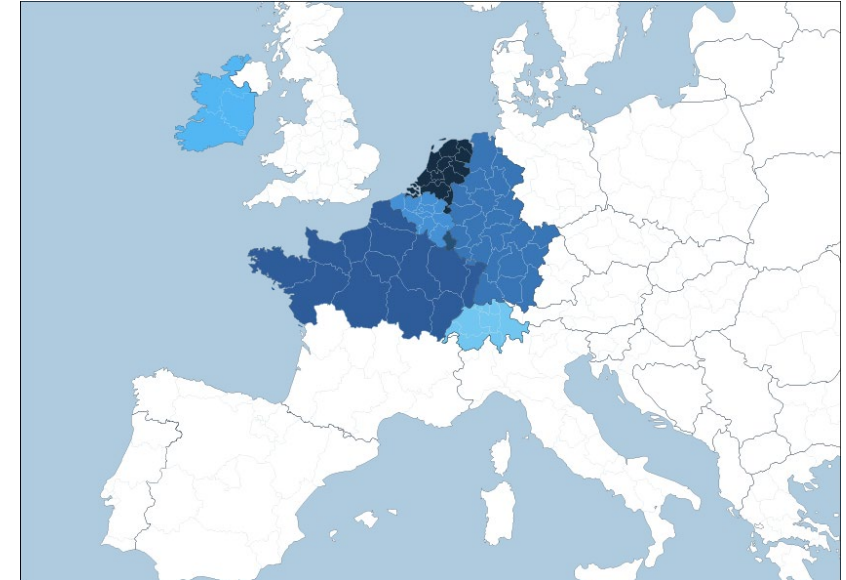
CASCADE introduira des systèmes de gestion de la biomasse dans 7 régions de l'Europe Nord Ouest, transformation en biochar & énergie à échelle locale

Forte implication des acteurs de la région, académie, entreprises, des citoyens, ONG.

Le projet CASCADE : non pas tester une technologie, mais structurer une filière territoriale.

Filière « valorisation de la biomasse vers biochar et syngaz »

CASCADE



Council for the Economic Development of the Construction sector

[Show the partner website](#)



Irish Bioenergy Association
Ireland

[Show the partner website](#)



Municipality Enschede
Netherlands

[Show the partner website](#)



Pro Natura

[Show the partner website](#)

UniLaSalle

UniLaSalle
France

[Show the partner website](#)

UNIKASSEL
UNIVERSITÄT

University of Kassel
Germany

[Show the partner website](#)



blended learning institutions'
cooperative
Germany

[Show the partner website](#)



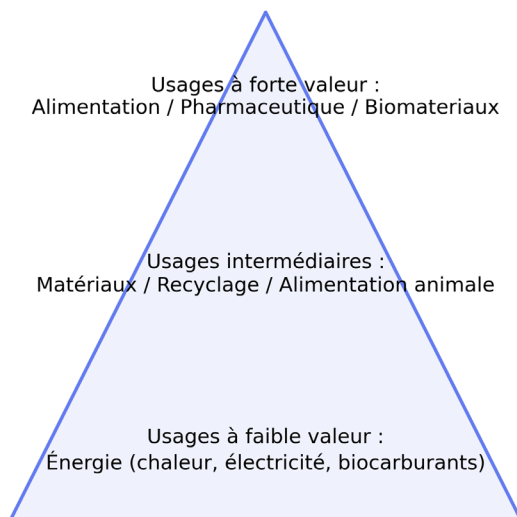
Réflexions Filière Amont

Quelles biomasses, pour quelles applications?



haies bocagères, résidus agricoles, déchets verts, résidus agroforestiers

Hiérarchie des usages de la biomasse selon le principe de cascade.



<https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/9b823034-ebad-11e8-b690-01aa75ed71a1>

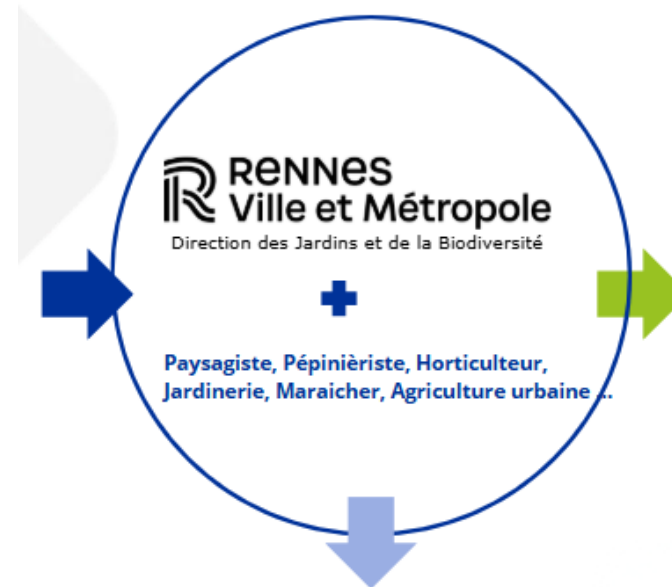
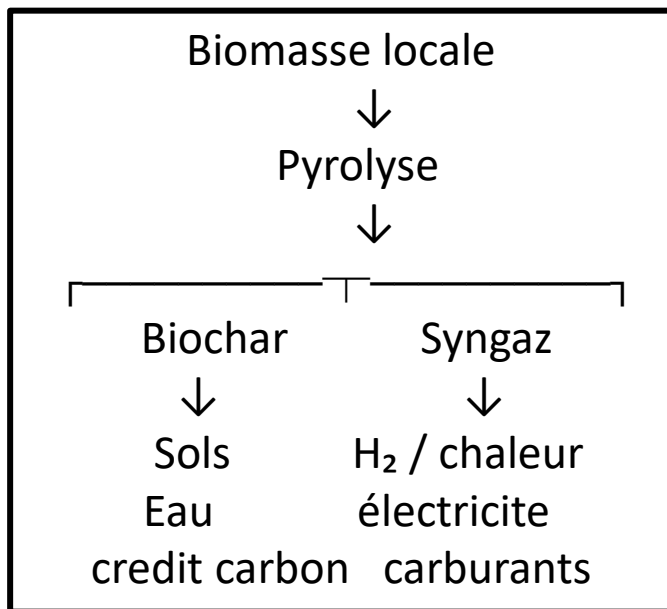
Retour au sol, compost, matériaux biosourcés, bois énergie, méthanisation

Une opportunité complète ?

Pyrolyse = Syngaz (Energie + Chaleur) ou **Hydrogène** + Biochar + Séquestration stable de Carbone

Réflexions Filière Aval

Le biochar pour différentes niches d'usage en ville



Producteurs de biomasse



Boucle de circularité - Produire localement - Biomasse résiduelle?
Être producteur et usager pour faciliter l'adoption ?

Questions non spécifiques au biochar — mais de la filière biomasse



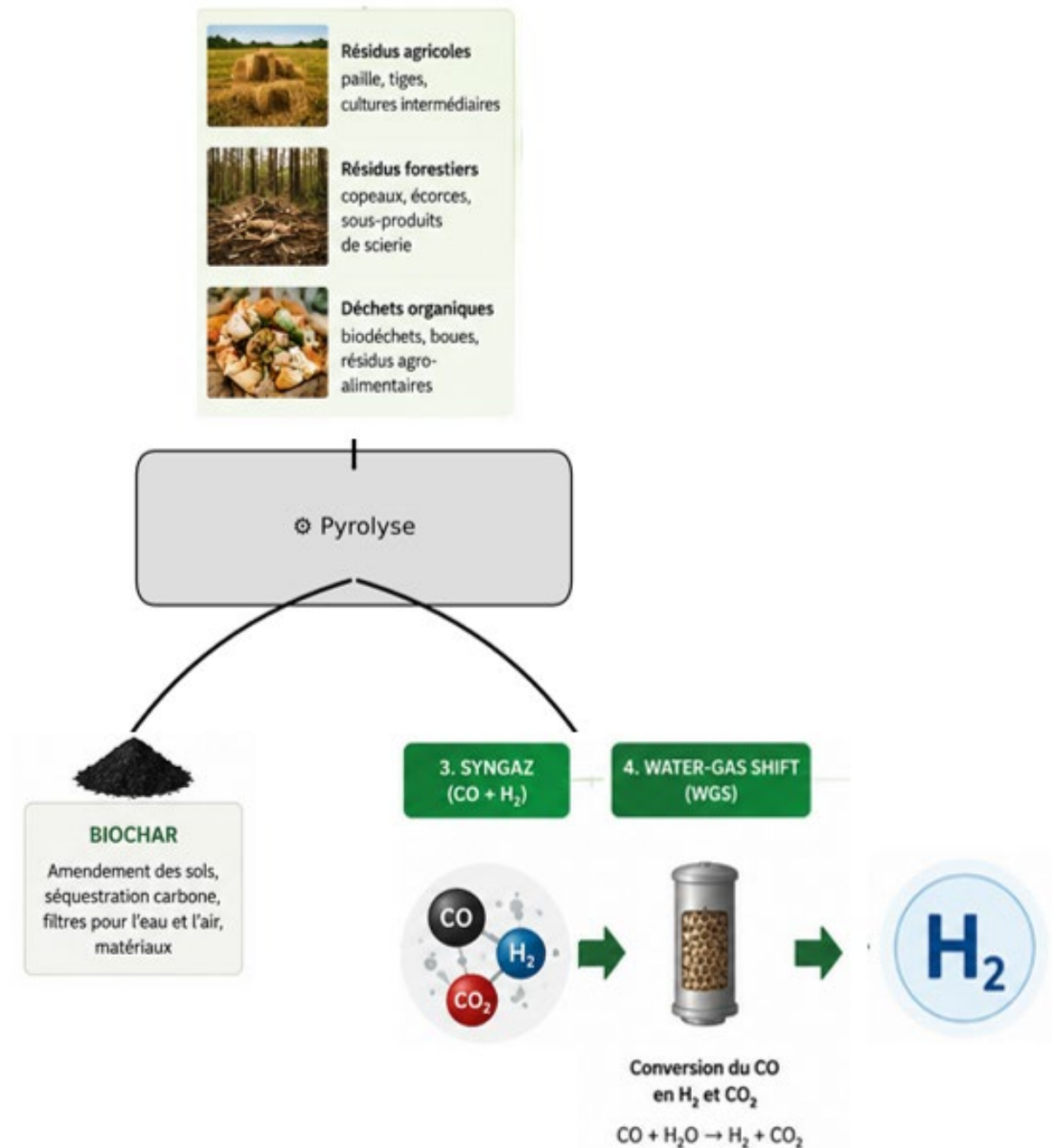
Quel prix? Quel fournisseur?
Quel volume?

Ce que CASCADE nous apprend

identifier les gisements
mobiliser les acteurs
construire les débouchés
partager la valeur

Les mêmes questions se poseront demain pour les
filères hydrogène issues de la biomasse.

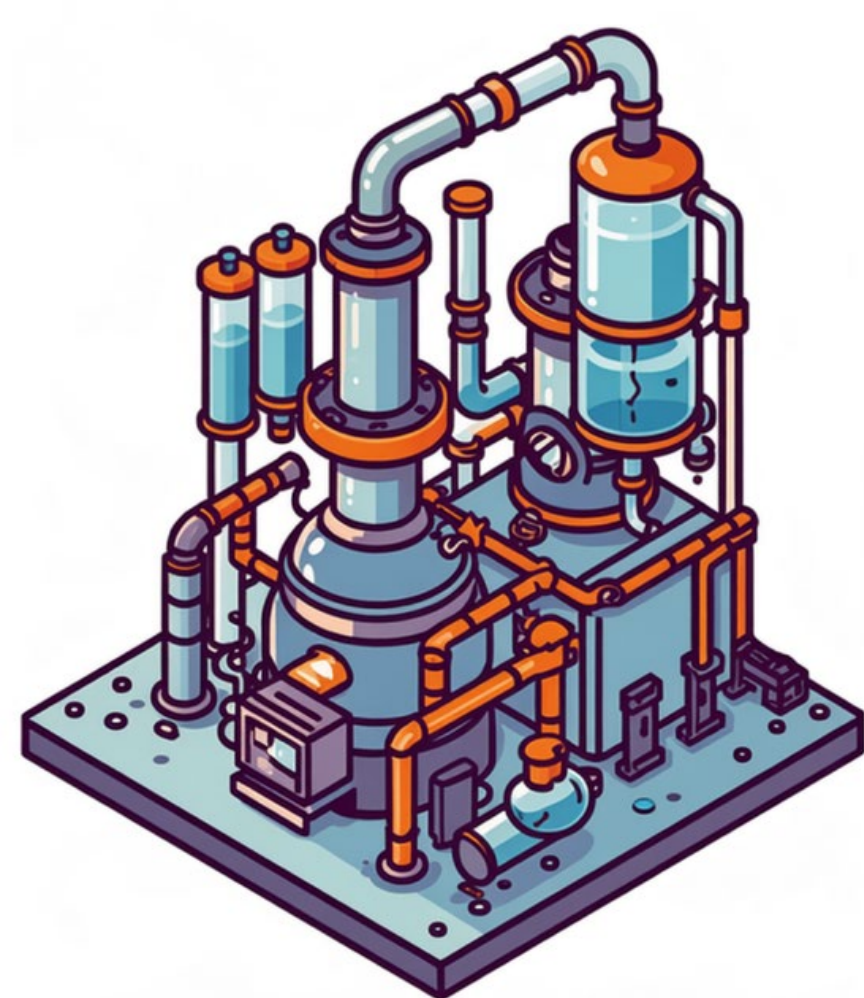
La valorisation de la biomasse permet:
de produire de l'hydrogène renouvelable
un puits de carbone durable (biochar)



Conclusions

- ✓ **La biomasse constitue un levier stratégique pour les territoires, à la croisée de l'économie circulaire et de la production d'énergie renouvelable.**
- ✓ **Au-delà de sa disponibilité, l'enjeu réside dans son organisation et sa valorisation locale.**
- ✓ **Sa valorisation par pyrolyse permet une double production: du biochar (stockage de carbone et usages agronomiques) du syngaz, convertible en hydrogène renouvelable, chaleur et électricité**

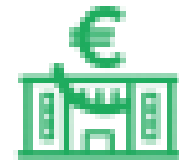
L'hydrogène n'est qu'un élément de la chaîne — la véritable valeur réside dans la structuration de boucles territoriales intégrées carbone–énergie–matière.



PROCÉDÉ DE PRODUCTION D'HYDROGÈNE VERT ROZ THERM



La filière hydrogène aujourd'hui en France



Soutien de l'État

- 9 Md€ engagés pour l'hydrogène décarboné
- Objectif : réduire la dépendance aux fossiles
- Nombreux projets, peu à grande échelle



Mobilité : un démarrage lent

- 100 véhicules pilotes en circulation
- 100 véhicules pilotes en circulation
- 100 véhicules pilotes en circulation



Priorité à l'industrie

- 90 % de la consommation H2 en France
- Usages : raffinage, chimie, engrais
- Remplacer l'H2 fossile = 1er marché



Défis économiques

- H2 vert : 2 à 4 × plus cher que le fossile
- Investissements lourds en infrastructure
- Rentabilité dépendante des aides publiques

RozTherm - Conversion thermochimique de la biomasse

RozTherm est une technologie de conversion thermochimique utilisant des conditions de fonctionnement à très haute température pour transformer la biomasse et les matières biosourcées en ressources valorisables : hydrogène vert et CO2 biogénique mais aussi bio-kérosène (SAF).



Valoriser des
matières peu
exploitées



$x \rightarrow \Omega \S \infty_i \quad \dot{I}_i \quad p$
 $A \quad \dot{I} \S \dot{O} \quad i \quad p \quad \Omega_i$
 $\Omega \rightarrow \Sigma' \quad i \quad \frac{3}{4} p$



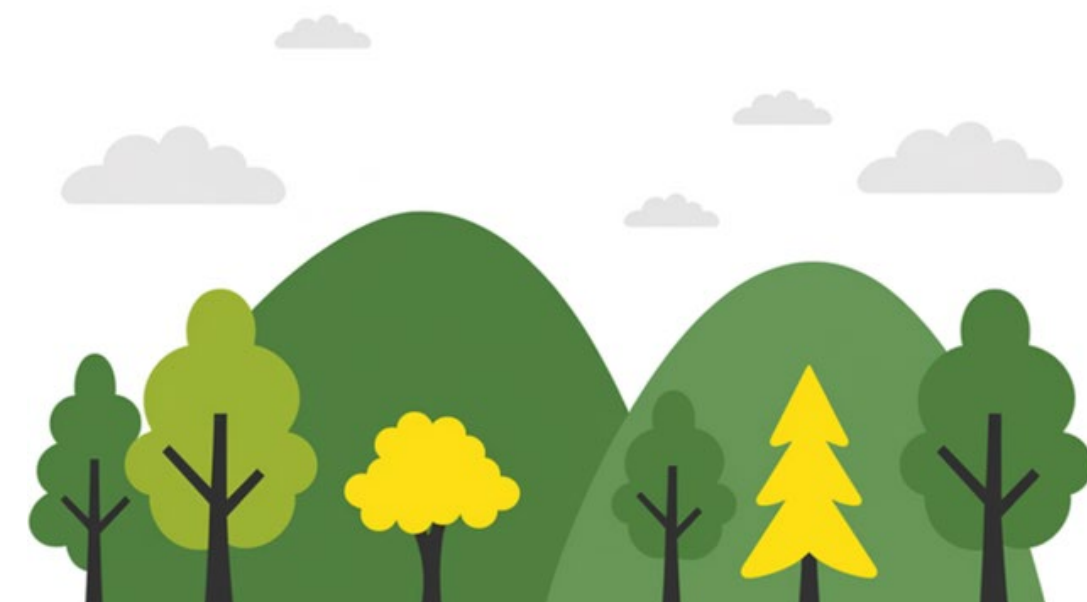
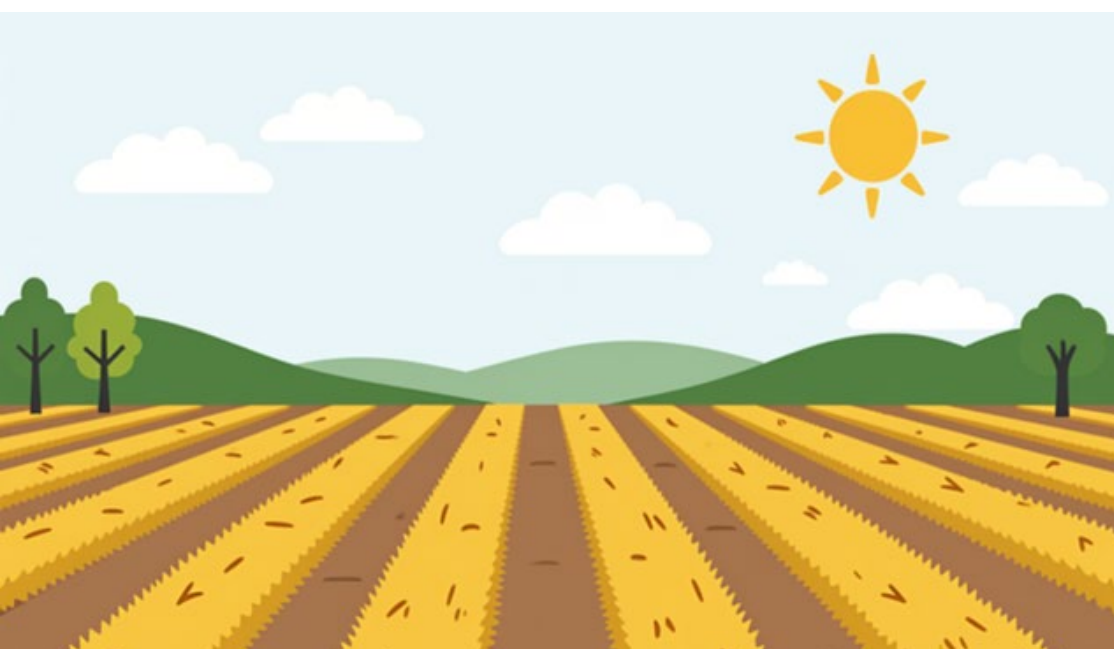
Produire des
vecteurs
énergétiques



Opportunités
industrielles
locales



Décarbonation
de l'industrie



Des ressources locales et renouvelables

Déchets issus de
l'entretien des
espaces verts



Boues de station
d'épuration



Déchets ménagers
et similaires
(fraction solide)

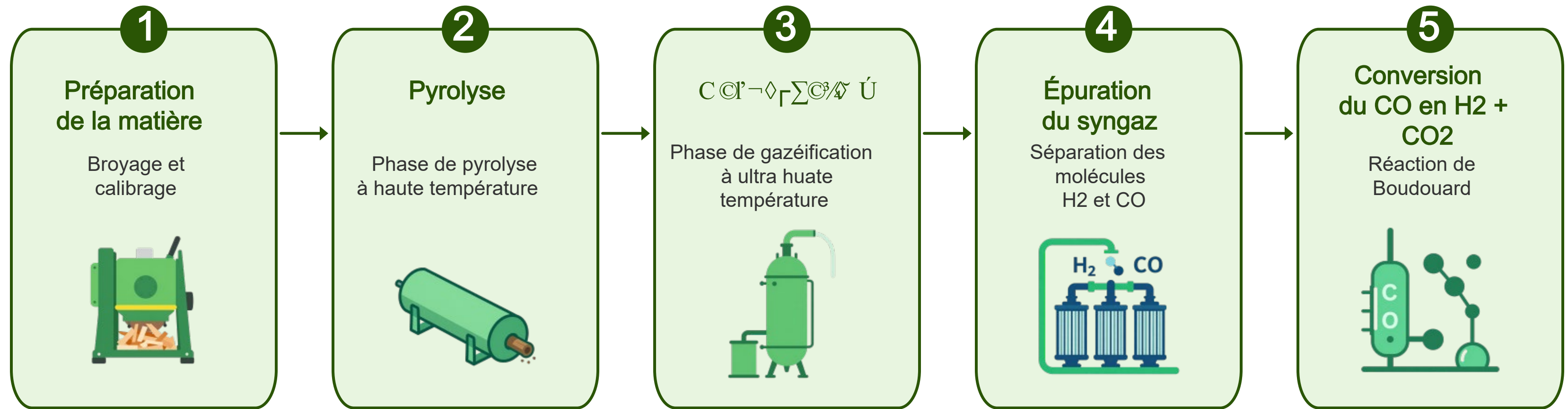


Déchets issus
des activités de
construction



**Transformer nos déchets en ressource énergétique et boucler le cycle
d'une économie circulaire vertueuse.**

\ i p -^{3/4} Cž i p Ω\$ ž đ Σ-Ω- x ~ l'Ö' i ðÒ



- ◇ Ò C@P i ~ C@P Ωi pĚÚ^{3/4} » p i яI 'Eɿ . i 'Eë



Un rendement énergétique global supérieur à 75%

Le procede Roz Therm convertit la biomasse en gaz de synthese ($H_2 + CO$) avec un rendement exceptionnel.



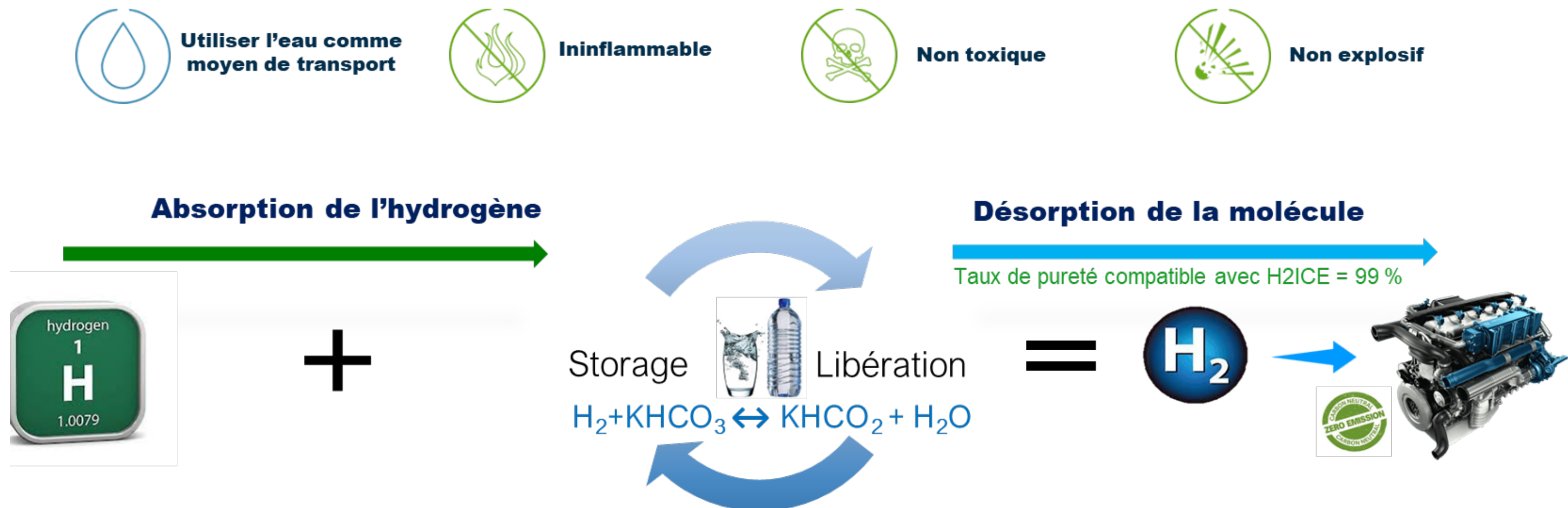
H₂ : 180 kg de H₂ par tonne de biomasse

H₂ : 6-8 €/kg Vs 18-22 €/kg (electrolyse)

Char valorisable selon biomasse

Stockage de l'hydrogène : une équation chimique simple pour une grande étape vers l'utilisation de l'hydrogène !

Nous utilisons le cycle Formate - Bicarbonate pour assurer la logistique de l'hydrogène. Ce procédé consiste à charger chimiquement du bicarbonate de potassium et à le convertir en une solution aqueuse d'eau et de formate potassique. Le procédé est totalement réversible et facilite l'extraction de l'hydrogène de la solution aqueuse, qui sera ensuite prête pour un nouveau cycle d'utilisation.



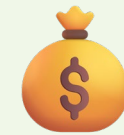
Pureté de l'hydrogène : un facteur essentiel pour une filière compétitive

La pureté de l'hydrogène conditionne son coût, ses usages et sa valeur économique.
C'est encore plus important pour la mobilité des biens et des personnes.



Pourquoi utiliser de l'hydrogène pur à 99%

- Moteur hydrogène accepte un H₂ moins pur
- Purification moins chère
- Équipements plus simples et moins coûteux



Pourquoi c'est plus rentable qu'une pile à combustible

- Piles à combustible exigent un H₂ très pur
- Véhicules H₂ moins chers à fabriquer et entretenir
- Coût global de filière plus faible

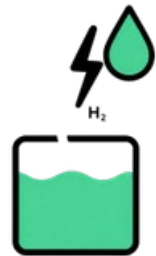
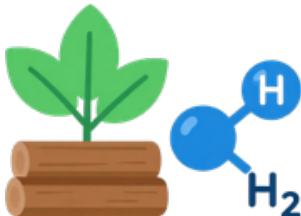


Intérêt pour les filières biomasse et pyrogazéification

- Moins de traitement nécessaire
- Investissements en épuration réduits
- H₂ renouvelable local plus compétitif

Comparaison des solutions RozTherm / Electrolyse

Critère	RozTherm (biomasse)	Électrolyse de l'eau
Matière première	Biomasse et déchets	Eau déminéralisée
Énergie nécessaire	Biomasse	Électricité
Dépendance au prix de l'électricité	Faible	Très forte
Production continue	Oui	Selon disponibilité électrique
Valorisation des déchets	Oui	Non
Consommation d'eau	Faible	≈ 9 à 15 L/kg H ₂
Coût de production potentiel	Faible à modéré	Modéré à élevé
Adaptation aux territoires	Excellente	Moyenne
Empreinte circulaire	Très élevée	Limitée
Positionnement RozTherm	Production d'H ₂ compétitive et territoriale	Production d'H ₂ dépendante de l'électricité



Marché de l'hydrogène vert issu du procédé RozTherm

Industrie



Remplacement de l'H₂ fossile
dans la chimie, la métallurgie,
le raffinage et les procédés industriels

Engrais azotés



Production d'ammoniac vert
et d'engrais décarbonés
pour l'agriculture

Mobilité lourde



Camions, bus, engins agricoles,
portuaires et industriels
à combustion hydrogène

Carburants de synthèse



SAF, e-méthanol et e -méthane
à partir d'H₂ renouvelable

Avantage RozTherm : H₂ vert à coût maîtrisé, sans dépendance au réseau électrique



b 8 x . L 4 8 i i Ö x 8
ÖÖ8 c ÖLi c

