

Un gaz électrique

Stratégie Hydrogène Bâtiments

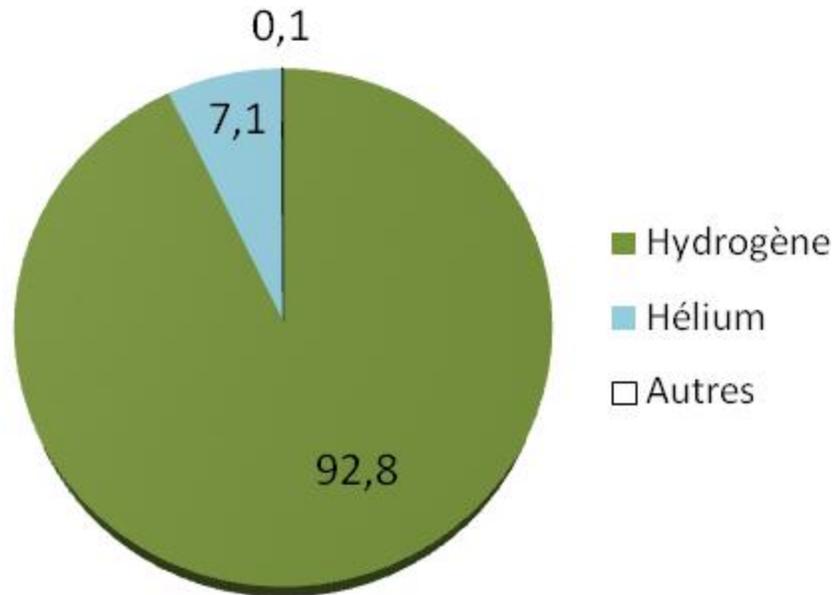


« Hydrogène renouvelable, l'énergie verte du monde d'après »

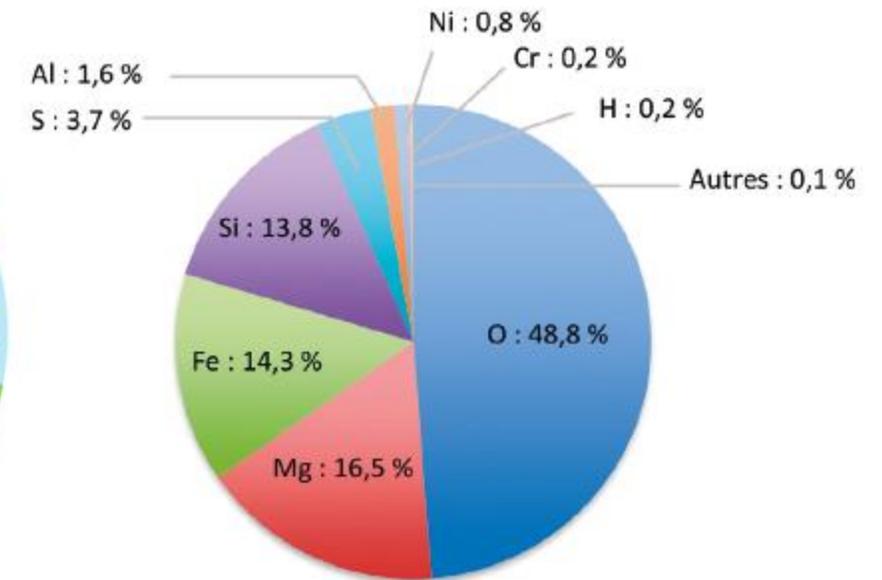


Olivier STENUIT

UNIVERS



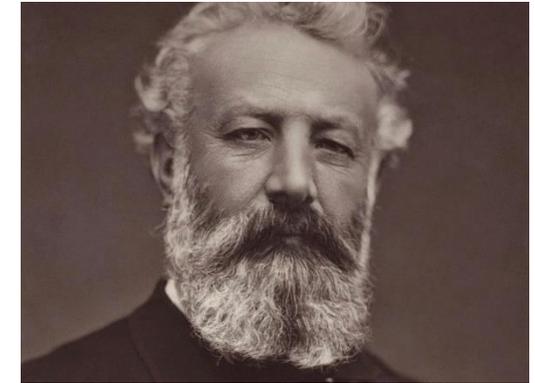
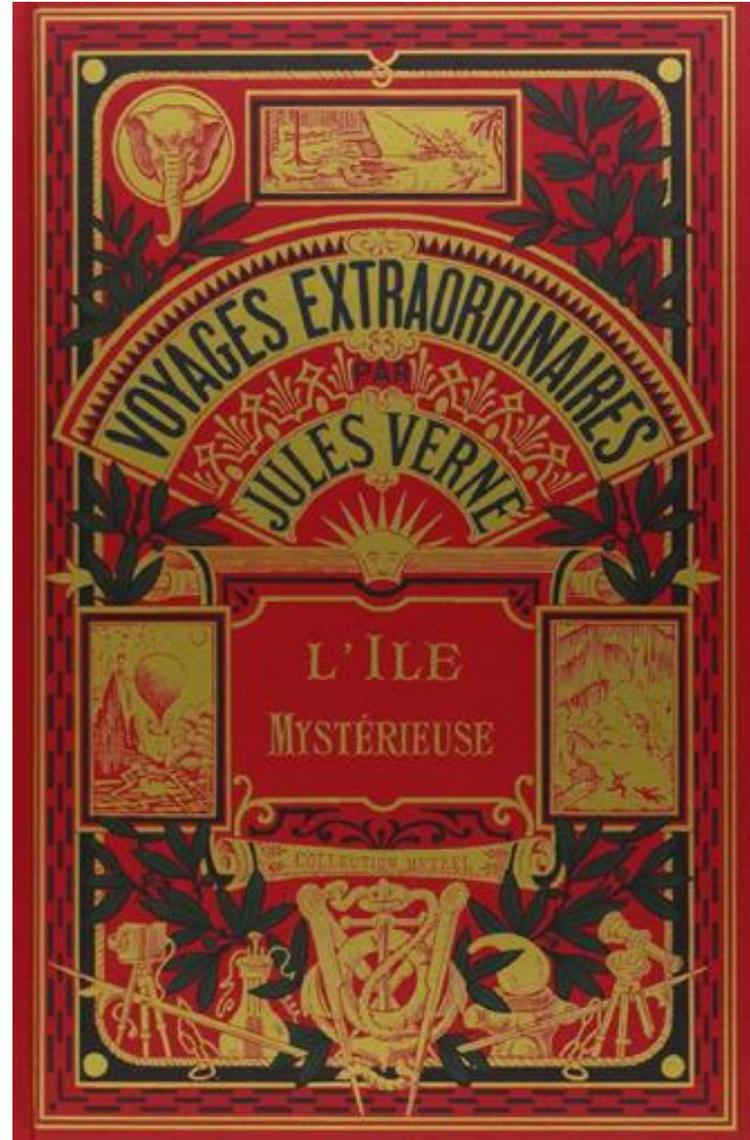
TERRE



L'hydrogène est l'élément le plus abondant de l'Univers : 75 % en masse (observable) et 92,8 % en nombre d'atomes. Sur Terre l'hydrogène représente 0,22 %, il est principalement combiné à l'oxygène ou au carbone .

« Oui, mes amis, je crois que l'eau sera un jour employée comme combustible, que l'hydrogène et l'oxygène, qui la constituent, utilisés isolément ou simultanément, fourniront une source de chaleur et de lumière inépuisables et d'une intensité que la houille ne saurait avoir. »

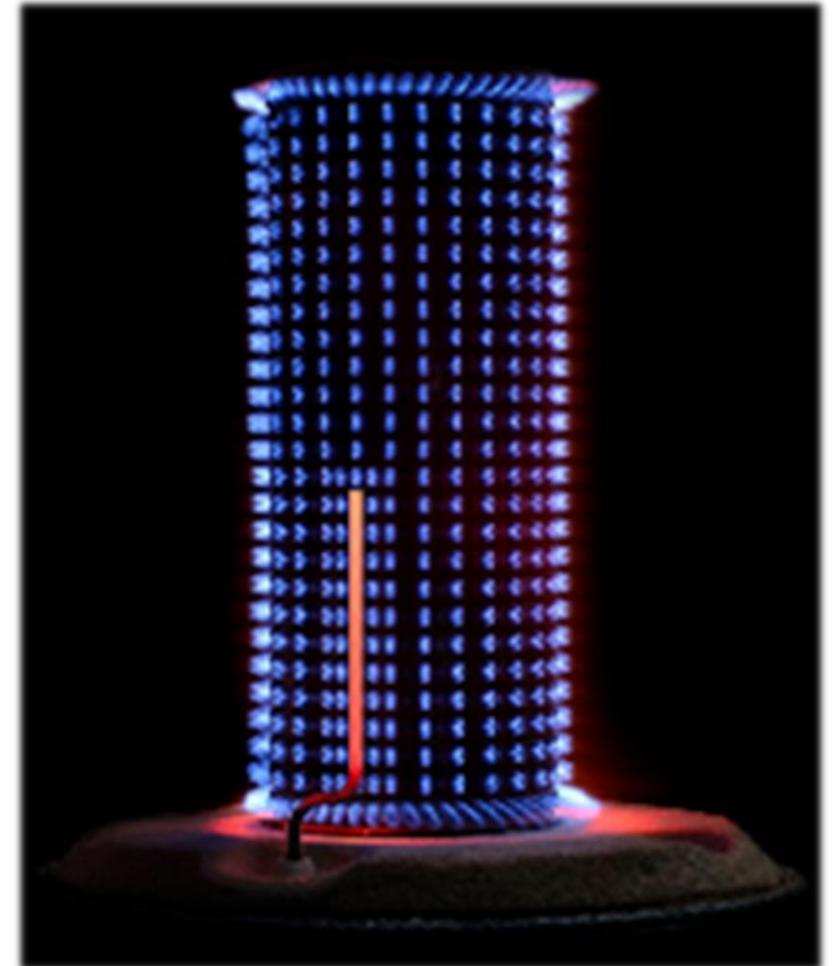
L'île mystérieuse (1874)

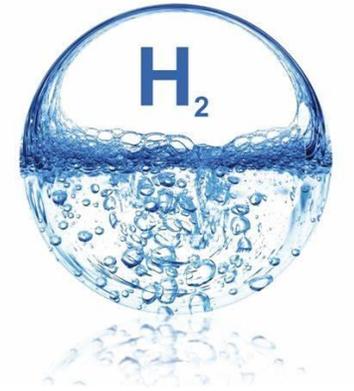




« L'avenir appartient à ceux qui voient les possibilités avant qu'elles ne deviennent évidentes. » Théodore Levitt

- C'est un gaz inflammable mais pas explosif





- **HYDRO-GENE**

Le mot "hydrogène" est formé à partir de deux éléments d'origine grecque

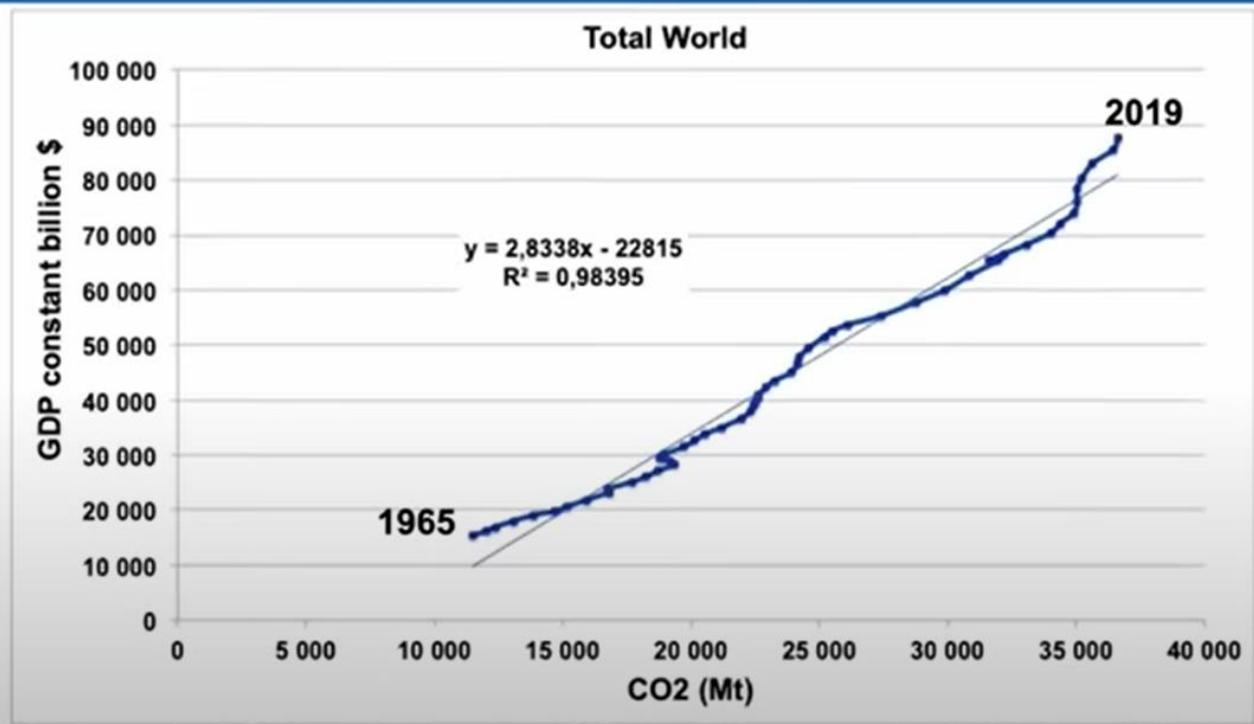
le nom "hydro" qui signifie "eau" le suffixe "gène" désignant "qui engendre".

Ce mot signifie d'après son étymologie "qui engendre de l'eau".



Emissions CO2 sont croissantes alors que les ENR (PV, Eolien, Biomasse) n'ont jamais connu une aussi forte croissance

Et voici le drame des négociations climat...



Émissions de CO₂ (en abscisse) et PIB en dollars constants (ordonnée) pour le monde. Données primaires World Bank pour le PIB et BP stat pour l'énergie





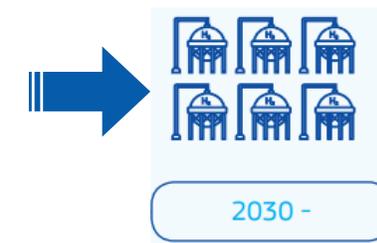
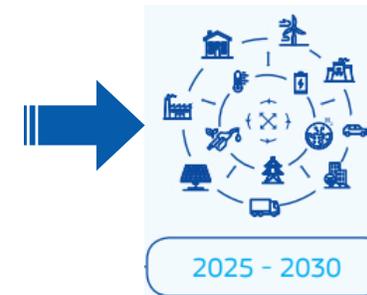
La Commission Européenne a publié récemment une communication décrivant sa stratégie pour le déploiement de l'hydrogène

Élément clé : feuille de route 2020-2050

- 6 GW d'électrolyseurs
- 1 million de tonnes d'hydrogène renouvelable

- 40 GW d'électrolyseurs
- 10 millions de tonnes d'hydrogène renouvelable dans l'UE.

- Les technologies de l'hydrogène renouvelable devraient arriver à maturité et être déployées à grande échelle pour atteindre tous les secteurs difficiles à décarboner où d'autres alternatives pourraient ne pas être réalisables ou avoir des coûts plus élevés





Stratégie nationale bas-carbone



La transition écologique et solidaire vers la
neutralité carbone



Mars 2020



Stratégie nationale pour le développement de l'hydrogène décarboné en France

Plan de déploiement
de l'hydrogène
pour la transition
énergétique



Une stratégie nationale de 7 milliards d'euros, trois priorités

Les Objectifs du plan de déploiement Hydrogène

L'hydrogène est produit à 94% à partir d'énergies fossiles en **France** (gaz, charbon, hydrocarbures).

La production d'**hydrogène** est responsable de l'émission de 11,5 Mt de CO².

**Stratégie nationale
pour le développement
de l'hydrogène décarboné
en France**

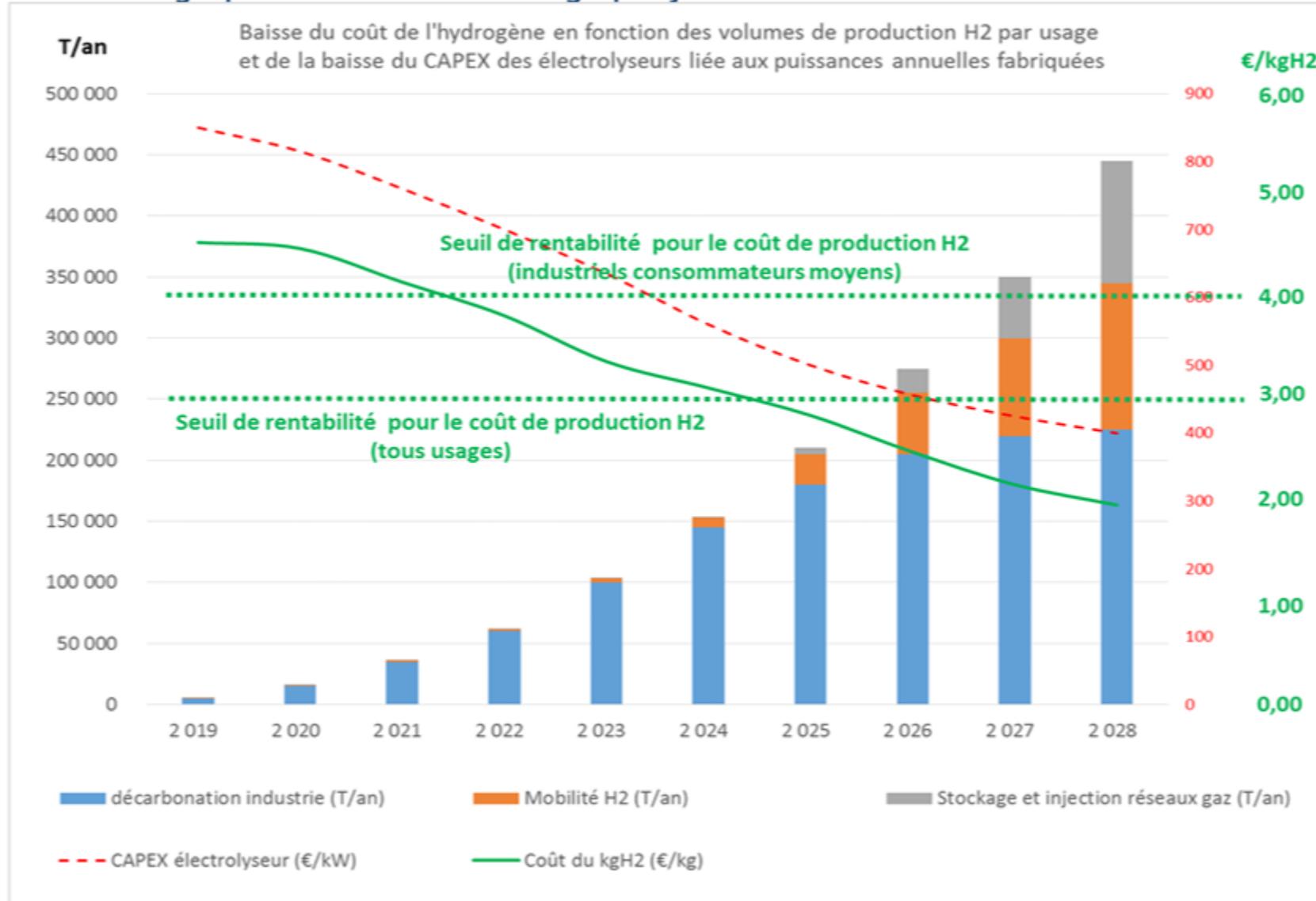


AXE 1 : Production d'hydrogène par électrolyse pour l'industrie, phase d'amorçage du plan français

AXE 2 : Une valorisation par des usages de la mobilité en complémentarité des filières batterie

AXE 3 : Un élément de stabilisation des réseaux énergétiques sur le moyen-long terme

Cette stratégie peut se résumer dans le graphe joint :



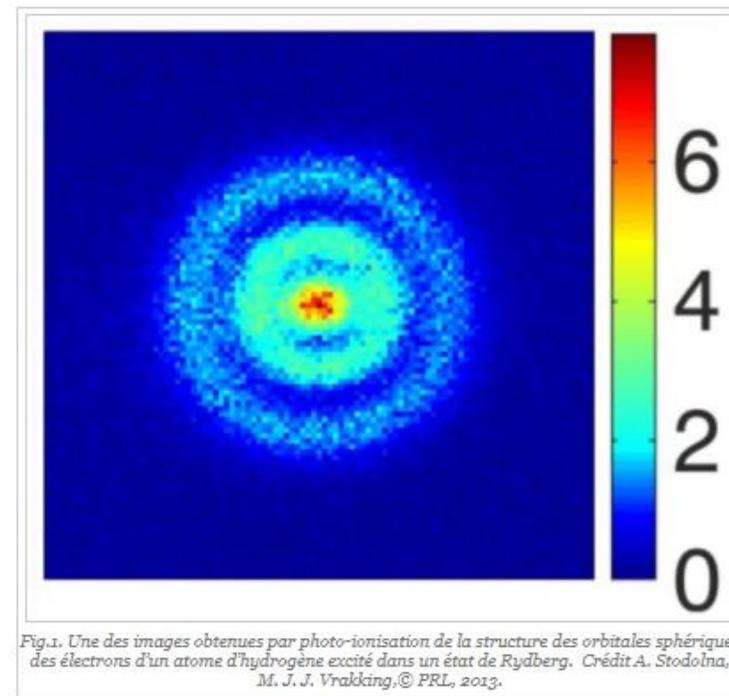
Quelques éléments caractéristiques de l'hydrogène

- PCS volumique à 15°C :
 - Hydrogène : 3,36 kWh/m³
 - Méthane : 10,49 kWh/m³

① x 3
- Indice de Wobbe:
 - Méthane : 14,1 kWh/m³
 - Mélange 20%H₂/80% CH₄ : 13,8 kWh/m³
 - Hydrogène : 12,8 kWh/m³

② -2%
-10%
- Température de combustion adiabatique:
 - H₂/CH₄: +150°C
- Vitesse de flamme: ↗↗
- Densité/air à 15°C:
 - Hydrogène : 0,0695
 - Méthane : 0,555

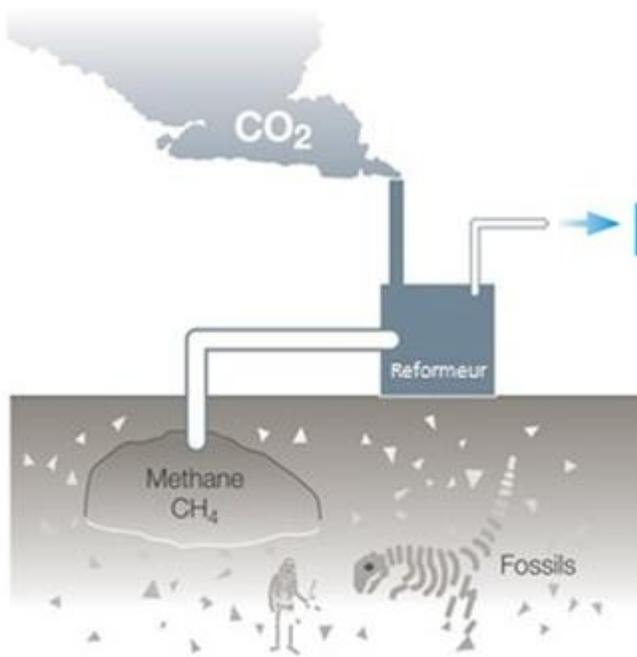
③ x 8
- Plage de limite d'inflammabilité (CH₄: 5- 15%, H₂: 4-75%)



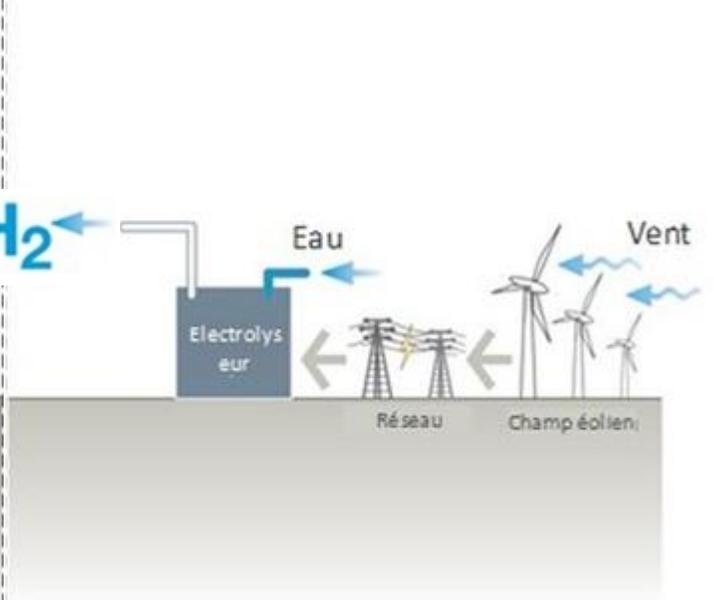
Production

	Couleur de l'hydrogène	Mode de production de l'hydrogène
	Couleur neutre	Pas de définition
	Hydrogène brun	Par gazéification du charbon
	Hydrogène gris	Par vaporeformage sans captage du CO ₂
	Hydrogène bleu	Par vaporeformage avec captage du CO ₂
	Hydrogène turquoise	Pyrolyse du gaz naturel à partir d'électricité renouvelable
	Hydrogène rose	Par électrolyse à partir d'électricité d'origine nucléaire
	Hydrogène vert	Par électrolyse à partir d'électricité d'origine renouvelable
	Hydrogène jaune	Par électrolyse à partir d'électricité d'origine multiple
	Hydrogène blanc	Hydrogène natif, naturel

Reformage



Electrolyse



- **Reformage** gaz naturel : 9,3 kg CO₂/kg H₂, η ~ 70%
- **Electrolyse** : consomme environ 50 à 60 kWh par kg H₂ produit, η ~ 70%



Alain Prinzhofer • Éric Deville

Hydrogène naturel La prochaine révolution énergétique ?

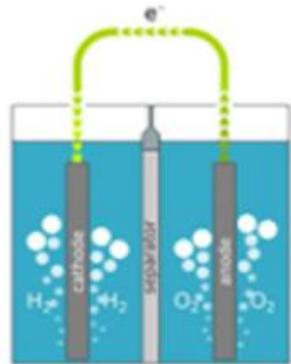
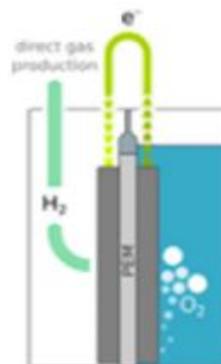
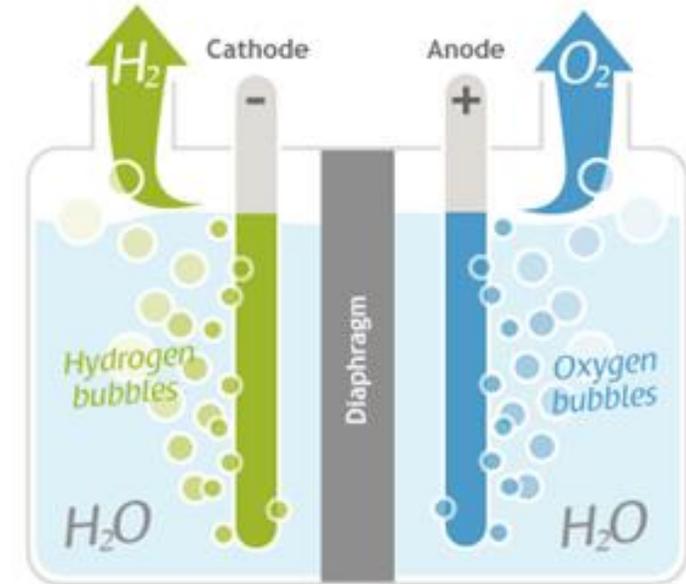
Une énergie inépuisable
et non polluante, ça existe !

elin

<https://www.fermedesetoiles.fr/videos/webtv/2019-l-hydrogene-naturel-la-source-d-energie-du-futur.mp4>

<https://youtu.be/wOhprBQqr8M>

Les électrolyseurs. Les technologies d'aujourd'hui

Technologie
alcalineTechnologie
PEM**Alcalins**

- Technologie mature
- Rendement : 65/70%
- Abordable
- 1 à 10 bars

PEM

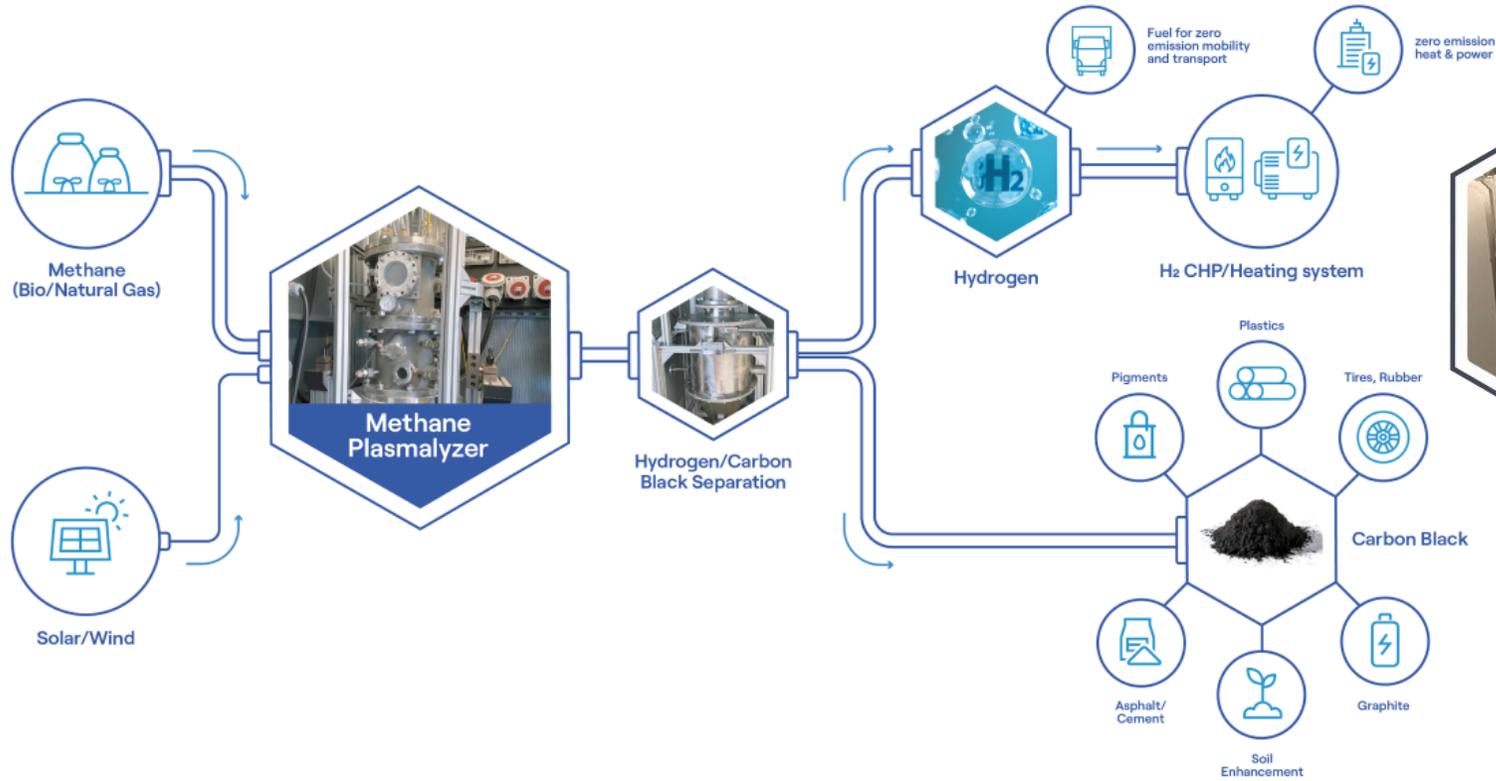
- Technologie mature
- Rendement : 70/75%
- Prix plus élevé
- Jusqu'à 30 bars

SOEC/PCFC

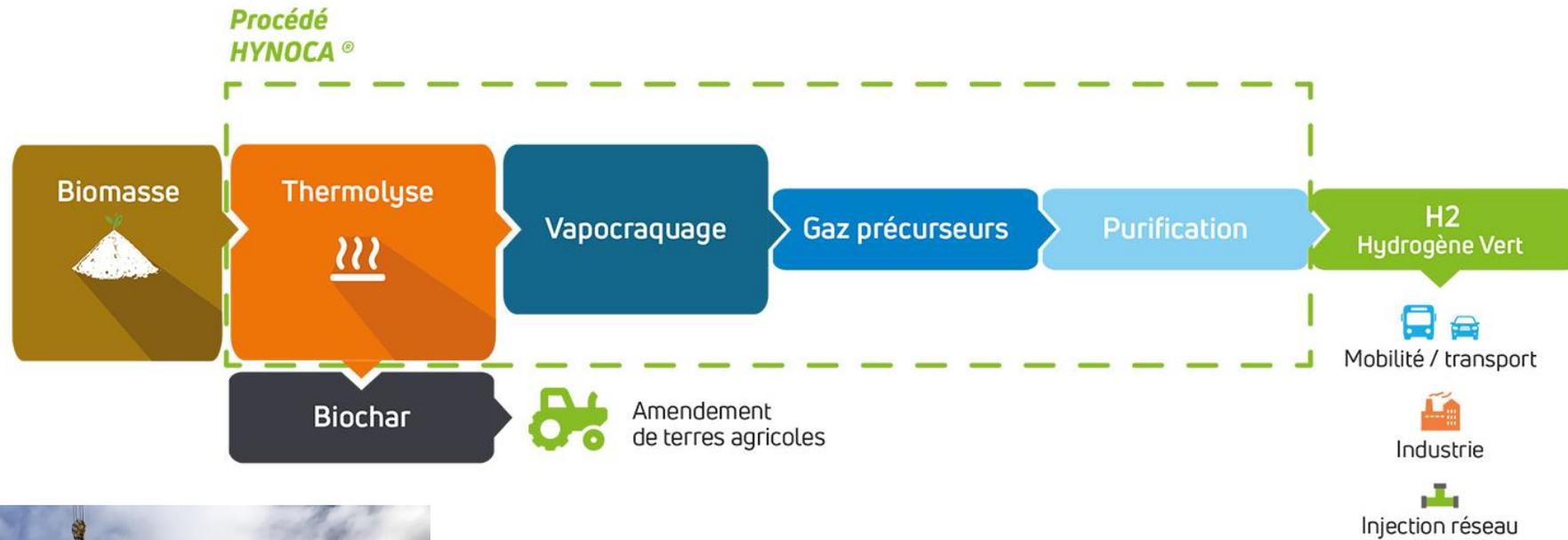
- Prototype
- Rendement : >85%
- Pas commercialisé
- Jusqu'à 30 bars

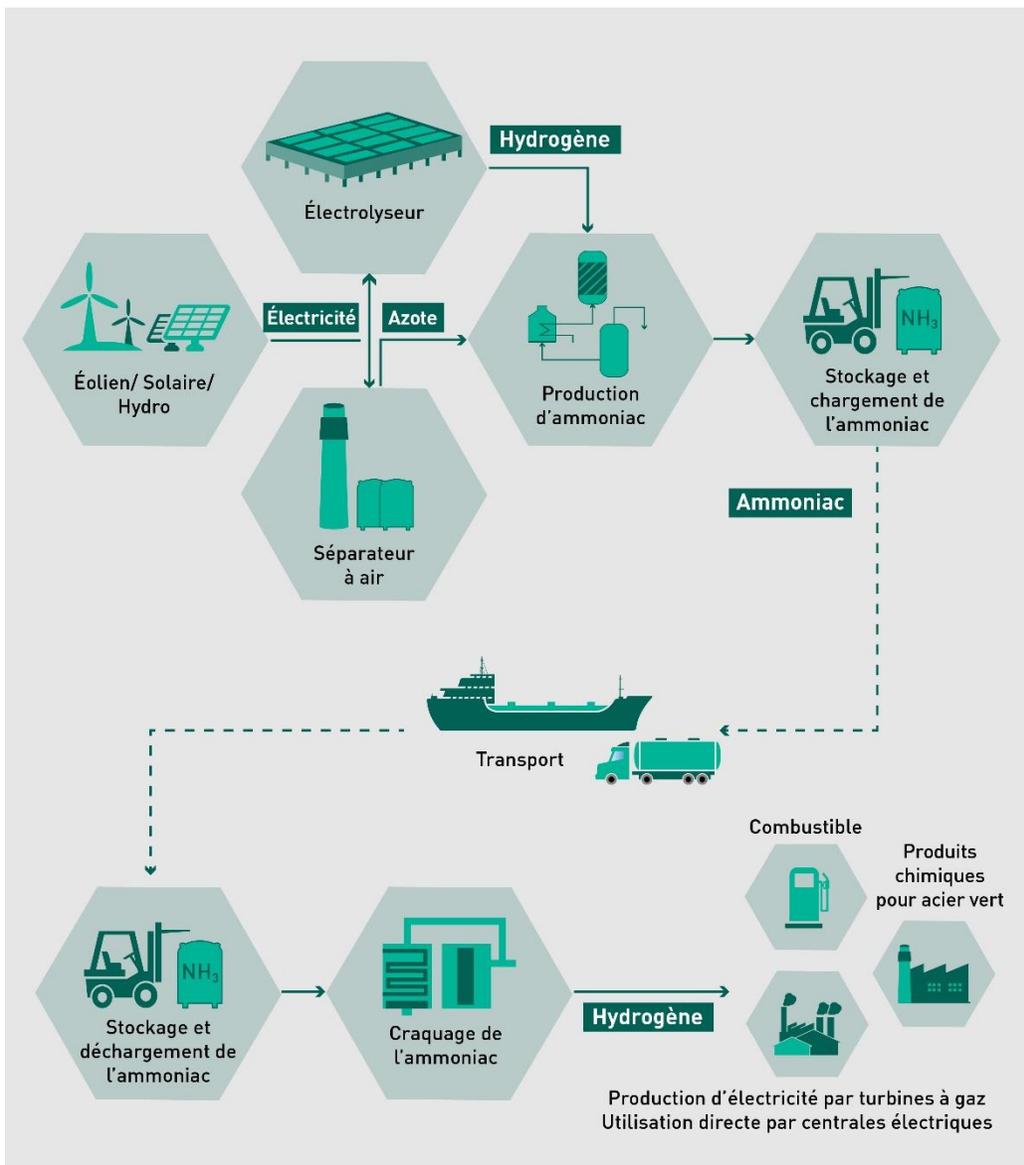
Fractionnée

- Prototype
- Rendement : 70%
- Prix : 200k€ pour 10kW
- Jusqu'à 300 bars



La pyrogazéification

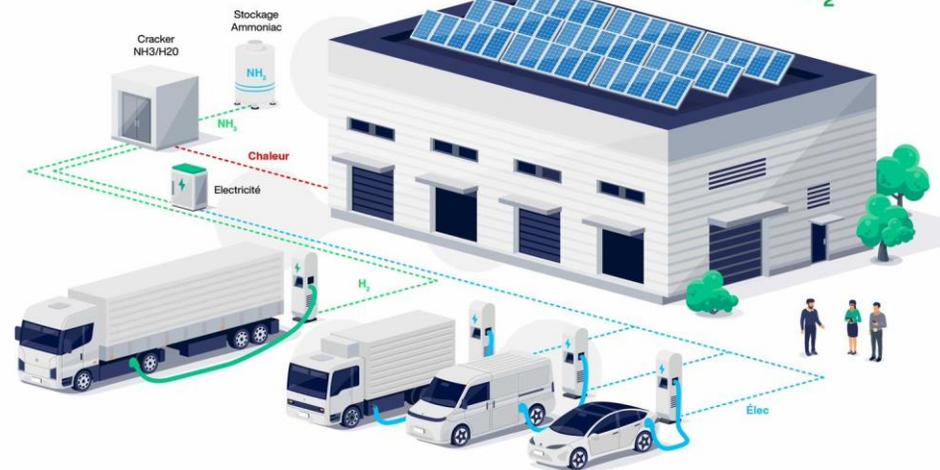




Box 1 - Immeubles



Box 3 - Industries+Mobilités



PLANÈTE - CLIMAT

Partage [f](#) [e](#) [w](#) [r](#)

Rapport du GIEC : « Il faut décarboner de toute urgence et de manière très radicale nos sociétés et nos économies »

Réagissant aux dernières conclusions du GIEC, le scientifique suédois Johan Rockström estime qu'il y a des « raisons d'espérer » même si « nous ne voyons, jusqu'à présent, aucun signe crédible que nous allons parvenir » à limiter le réchauffement à 1,5 °C.

LE MONITEUR

En direct | MID 2021 | Crise des matières premières | Relance de la construction

Accueil > Technique > Energie > L'hydrogène vert, le nouvel espoir de la transition énergétique



L'hydrogène vert, le nouvel espoir de la transition



Le Monde

Se connecter S'abonner

[🏠](#)
[ACTUALITÉS](#)
[ÉCONOMIE](#)
[VIDÉOS](#)
[OPINIONS](#)
[CULTURE](#)
[M LE MAG](#)
[SERVICES](#)
[🔍](#)

OPINIONS - CLIMAT

Partage [f](#) [e](#) [w](#) [r](#)

ÉDITORIAL

Climat : l'Europe à l'avant-garde

Le Monde

Au-delà des débats légitimes, par exemple sur l'impact des mesures environnementales pour les plus pauvres ou sur la fin annoncée des voitures thermiques, le pacte vert européen a le mérite de fixer un cap extrêmement volontariste.

Publié le 15 juillet 2021 à 10h37 - Mis à jour le 15 juillet 2021 à 14h59 | Lecture 2 min.

Publicité

Editorial du « Monde ». Présenté mercredi 14 juillet par la Commission européenne à Bruxelles, le pacte vert place l'Europe à l'avant-garde de la lutte contre le changement climatique. Avec la

THE GLOBAL ENERGY CHALLENGE

Britain is undergoing an energy transition as it aims for net zero emissions

By John Defferio, CNN
Updated 1320 GMT (2120 HKT) January 16, 2020

EnR, bâtiment, hydrogène : ce que prévoit le Green Deal

Par **Thomas Blossville** - 20 mai 2020

Print PDF

Le voile se lève sur le *Green Deal* de la Commission européenne. Sans attendre la présentation officielle du dispositif, annoncée désormais pour le 27 mai, les premiers éléments commencent à circuler et la transition énergétique occupe une place centrale. Énergies renouvelables, hydrogène, rénovation énergétique, mobilité propre... Un document de travail, à consulter ci-dessous, dévoile les pistes privilégiés par la Commission.



Le rôle de l'hydrogène dans la transition énergétique

L'hydrogène permet de limiter le réchauffement climatique et les émissions de carbone :

En développant les énergies renouvelables intermittentes

En facilitant le développement des sources d'énergie renouvelable, ainsi que le stockage et le transport de l'énergie sur toute la planète.



Les sept rôles de l'hydrogène dans la transition énergétique

Favoriser les énergies renouvelables

Diminuer les émissions des utilisations finales

Permettre l'intégration à grande échelle des renouvelables et la production d'énergie

Distribuer de l'énergie dans tous les secteurs et régions



1



2



3

Servir de **stockage tampon** pour accroître la résilience du système



4

Diminuer les émissions des **transports**



5

Diminuer les émissions liées à la consommation d'**énergie de l'industrie**



6

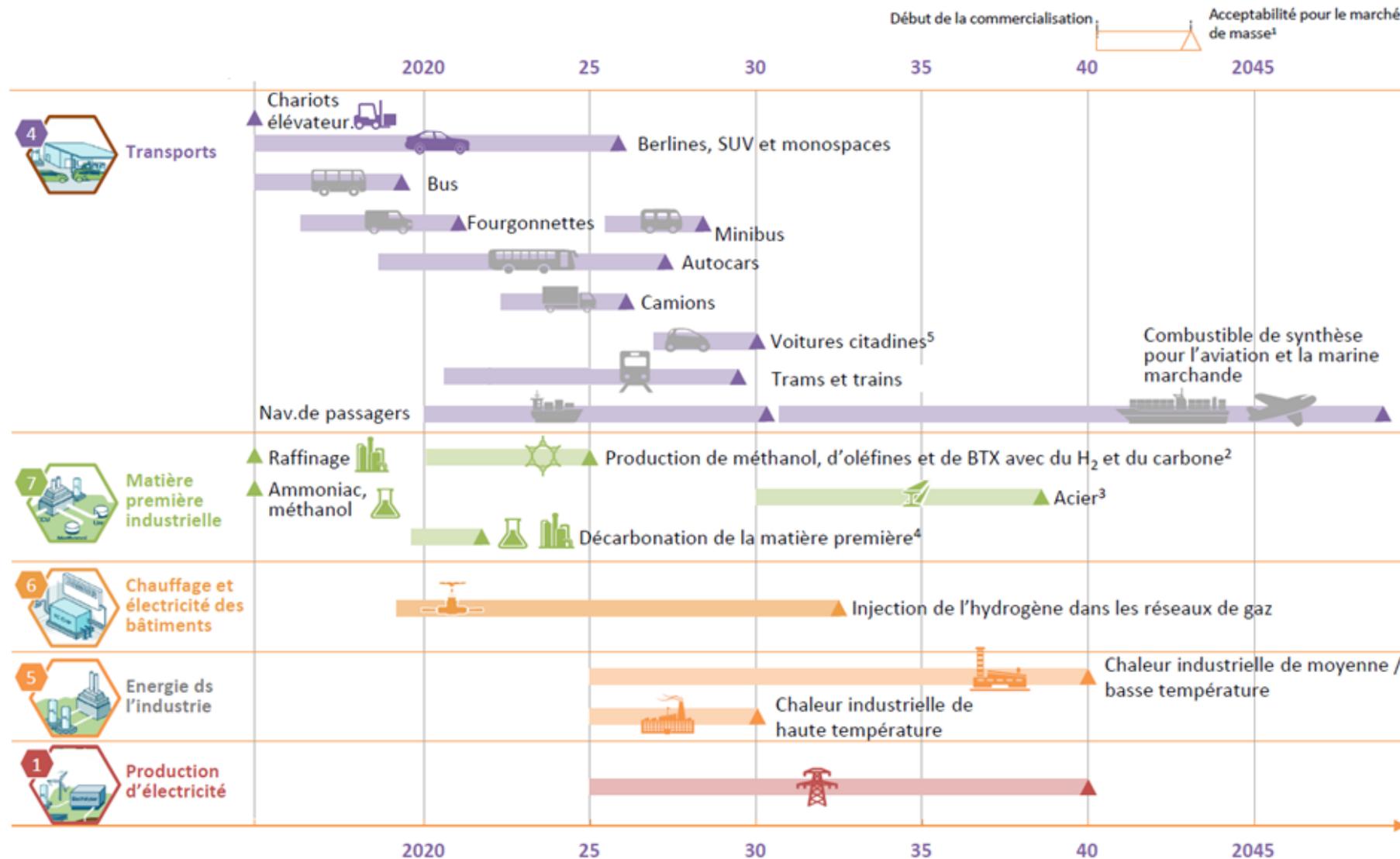
Diminuer les émissions liés **le chauffage et l'électricité des bâtiments**



7

Servir de **matière première**, avec le carbon capturé

Source: McKinsey & Hydrogen Council 2017



1 Défini comme représentant plus de 1 % des ventes sur le segment

2 La part de marché correspond au volume de production qui utilise de l'hydrogène et du carbone capturé pour remplacer la matière première

3 Minerai pré-réduit avec réduction écologique via le H₂, en haut fourneau, et autres procédés faiblement intensifs en carbone utilisant du H₂ pour l'élaboration de l'acier

4 La part de marché correspond au volume de matière première produit à partir de sources faiblement intensives en carbone

5 La date de commercialisation, pour la France, a été réajustée en fonction de la feuille de route globale et en cohérence avec la date de la montée en puissance

SOURCE : équipe de l'étude prospective Hydrogène France

Production

Stockage/transport

H₂ vert

1. Énergie excédentaire d'origine renouvelable
2. Électrolyse de l'eau

H₂ gris ou bleu

1. Vaporeformage d'**hydrocarbures**
2. Combiné avec séquestration de CO₂
3. Électricité origine **nucléaire**

Conversion biochimique

Convertir la biomasse en hydrogène sans combustion

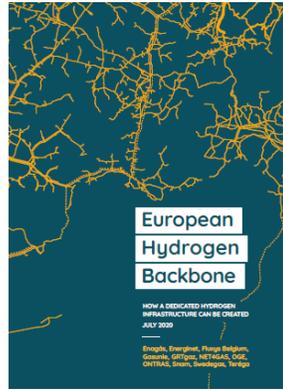
Stockage efficace
d'énergie à faible coût et à long terme

Utilisation de l'infrastructure
de réseaux existante



Plan Hydrogène dévoilé par l'industrie gazière le 17/7/2020:

11 énergéticiens de 9 pays EU plus la Suisse ont présenté un plan pour une infrastructure dédiée à l'hydrogène
 Enagás (Spain), Energinet (Denmark), Fluxys (Belgium), Gasunie (the Netherlands), GRTgaz and Teréga (France), NET4GAS (Czechia), OGE and ONTRAS (Germany), Snam (Italy) and Swedegas (Sweden)

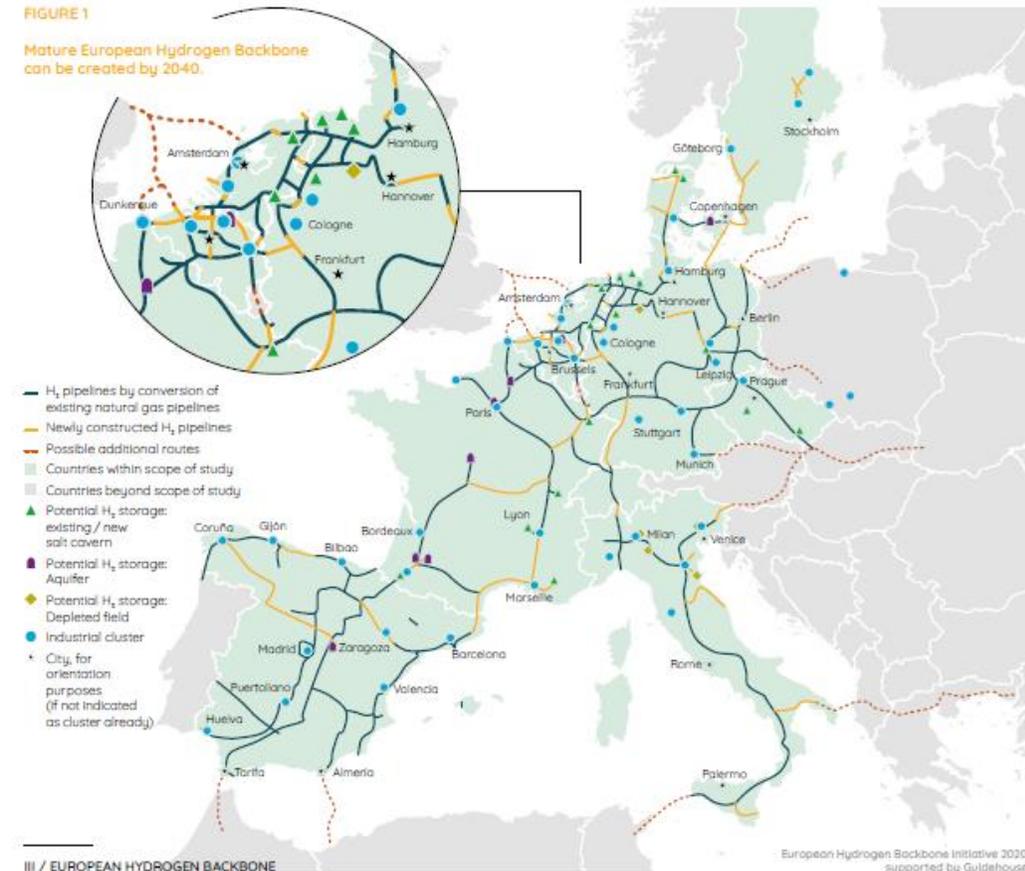


Élément clé : construction du réseau hydrogène pur

- Le réseau existant peut être transformé à coût raisonnable pour transporter l'hydrogène pur
- Développement progressif à partir de 2025 pour interconnecter les "Hydrogen valleys"
- Le réseau atteindra 6800 km en 2030, et 23 000km en 2040
- Essentiellement construit à partir du réseau gaz actuel (à 75%)

FIGURE 1

Mature European Hydrogen Backbone can be created by 2040.



III / EUROPEAN HYDROGEN BACKBONE

European Hydrogen Backbone Initiative 2020, supported by Guidehouse

Des réseaux de distribution H2 alimentant des clients industriels, mobilité, voire résidentiels pourraient émerger à proximité du « backbone transport » d'ici 2040

CIBLES DE DÉVELOPPEMENT DE POTENTIELLES DISTRIBUTIONS PUBLIQUES D'H2

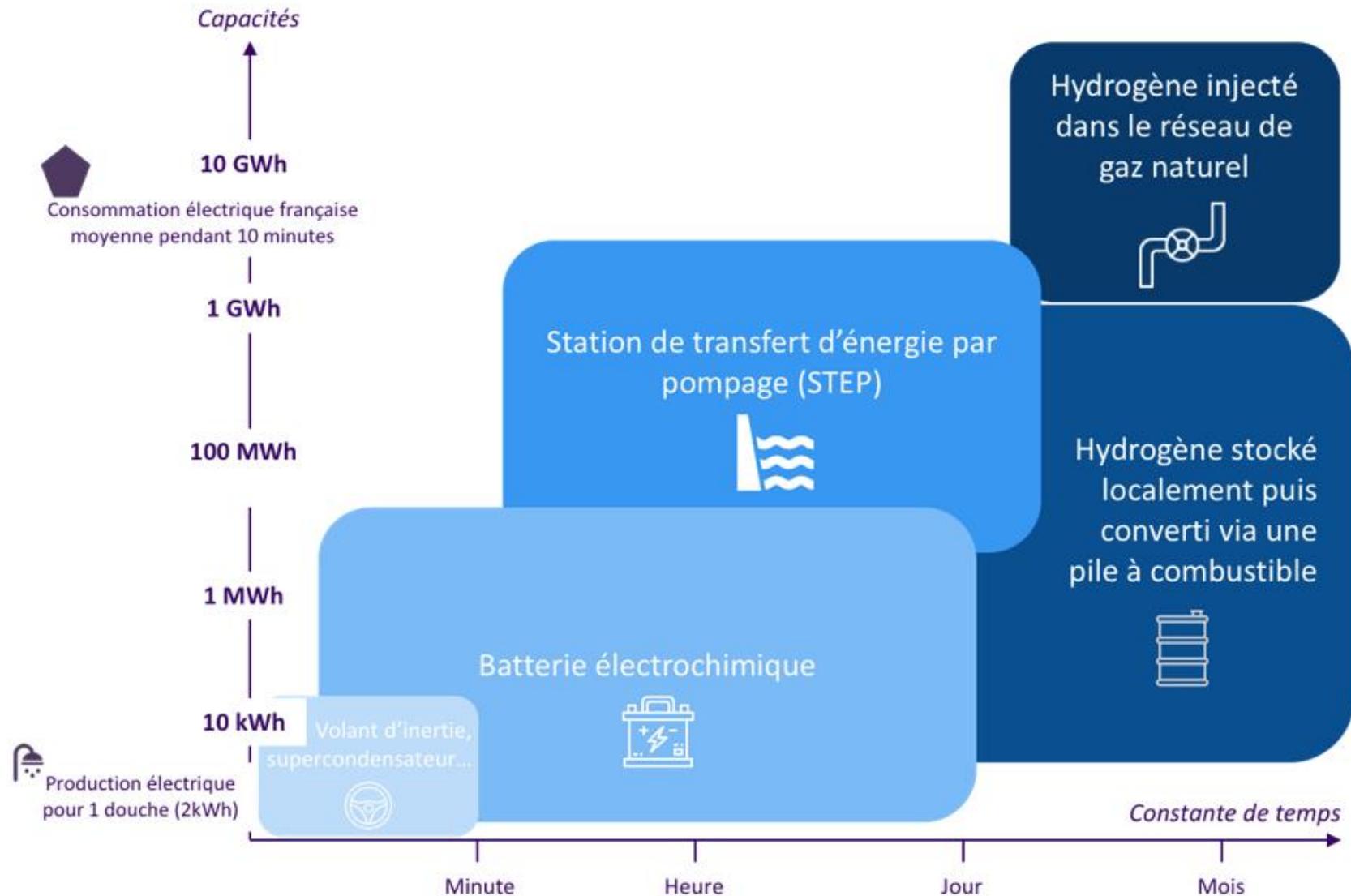


— Tracé de la dorsale européenne H₂ en 2040
 ● Zones de consommation et production d'H₂ identifiées lors de la consultation menée par GRTgaz et Terega



Source : analyse E-CUBE strategy Consultants, étude sur le potentiel distribution H2, septembre 2021

Différentes technologies de stockage pour assurer l'équilibre offre / demande à diverses échelles de temps



Production

Stockage/transport

Applications

H₂ vert

1. Énergie excédentaire d'origine renouvelable
2. Électrolyse de l'eau

H₂ gris ou bleu

1. Vaporeformage d'hydrocarbures
2. Combiné avec séquestration de CO₂
3. Électricité origine nucléaire

Conversion biochimique

Convertir la biomasse en hydrogène sans combustion

Stockage efficace d'énergie à faible coût et à long terme

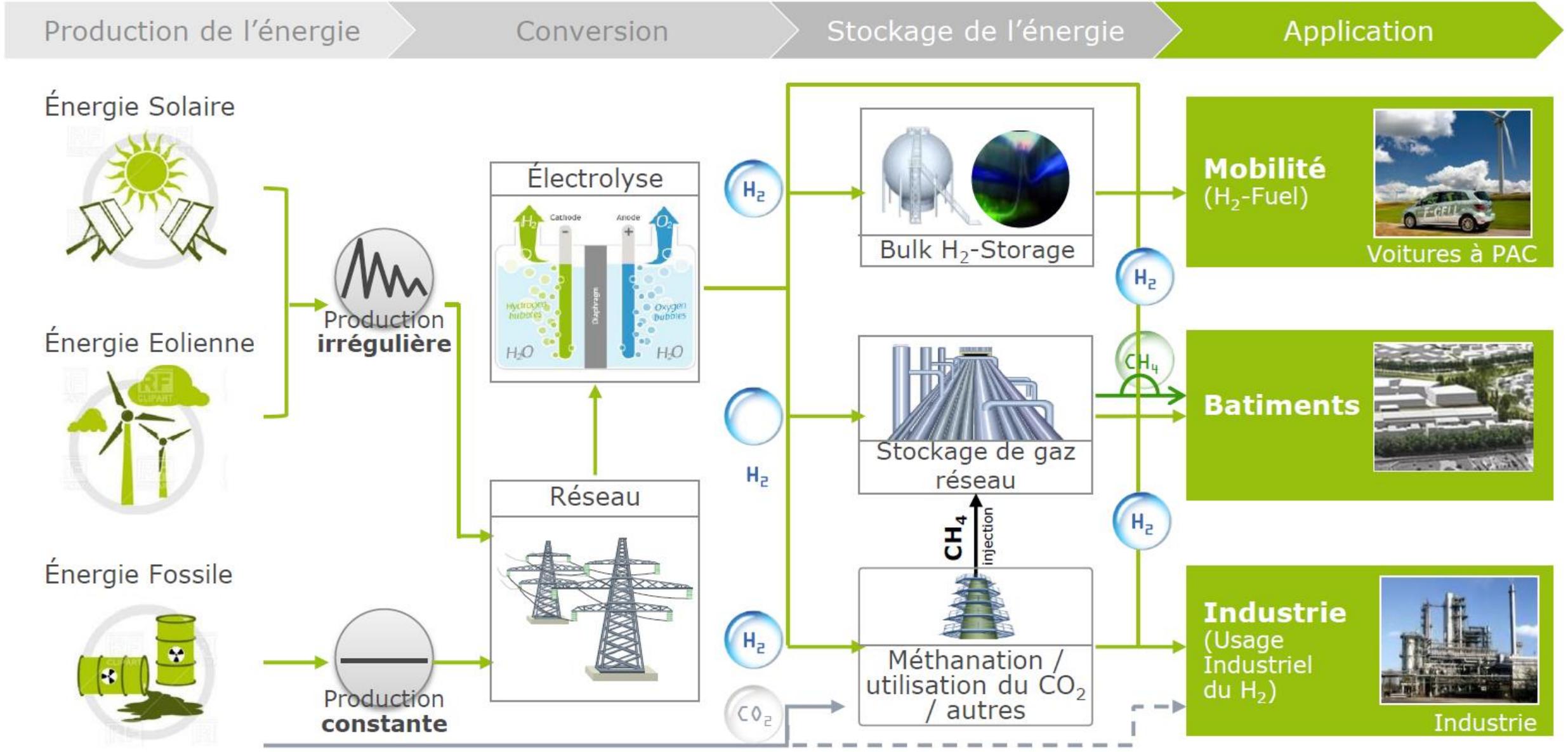
Utilisation de l'infrastructure de réseaux existante

Convergence des coûts attendue vers 2030

Utilisable pour l'industrie, le transport, et le bâtiment

Transition à coût contenu et prix limité pour l'utilisation du H₂

Les Applications de l'H₂



RENDEMENT DE LA CHAÎNE HYDROGÈNE

CAS DU « POWER-TO-H₂-TO-POWER »

Janvier 2020

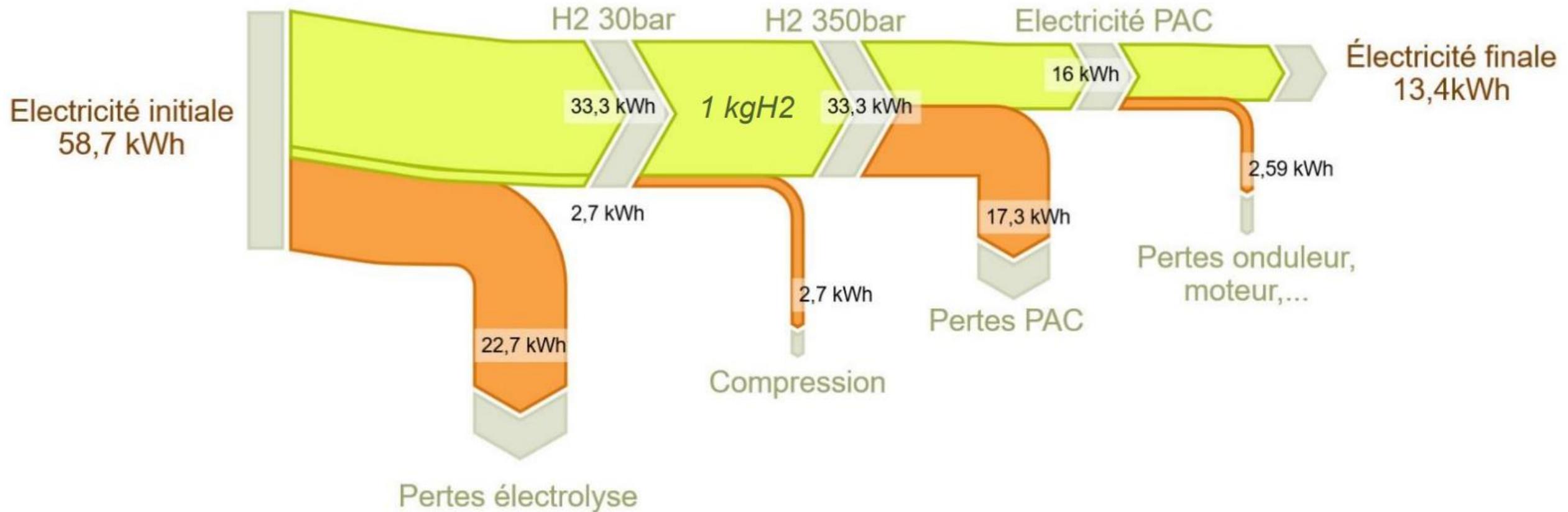


Diagramme de Sankey, exprimant l'énergie nécessaire pour produire un kg d'hydrogène, ainsi que l'énergie électrique résultante.



Les Réseaux H₂

Stratégie Hydrogène Bâtiments



Hydrogène renouvelable, l'énergie verte du monde d'après :

L'hydrogène, excellent vecteur énergétique:

- L'hydrogène peut être produit sans émissions de carbone à partir de multiples sources
- Le réseau gazier existant peut être transformé et étendu à coût raisonnable pour transporter de l'hydrogène
- L'hydrogène vert produit à partir d'électricité va favoriser le déploiement massif des sources d'électricité vertes en contribuant à stabiliser le réseau électrique
- L'hydrogène et les gaz verts en général, permettront de limiter le besoin en investissements coûteux dans l'extension de la capacité du réseau électrique

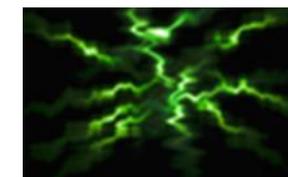


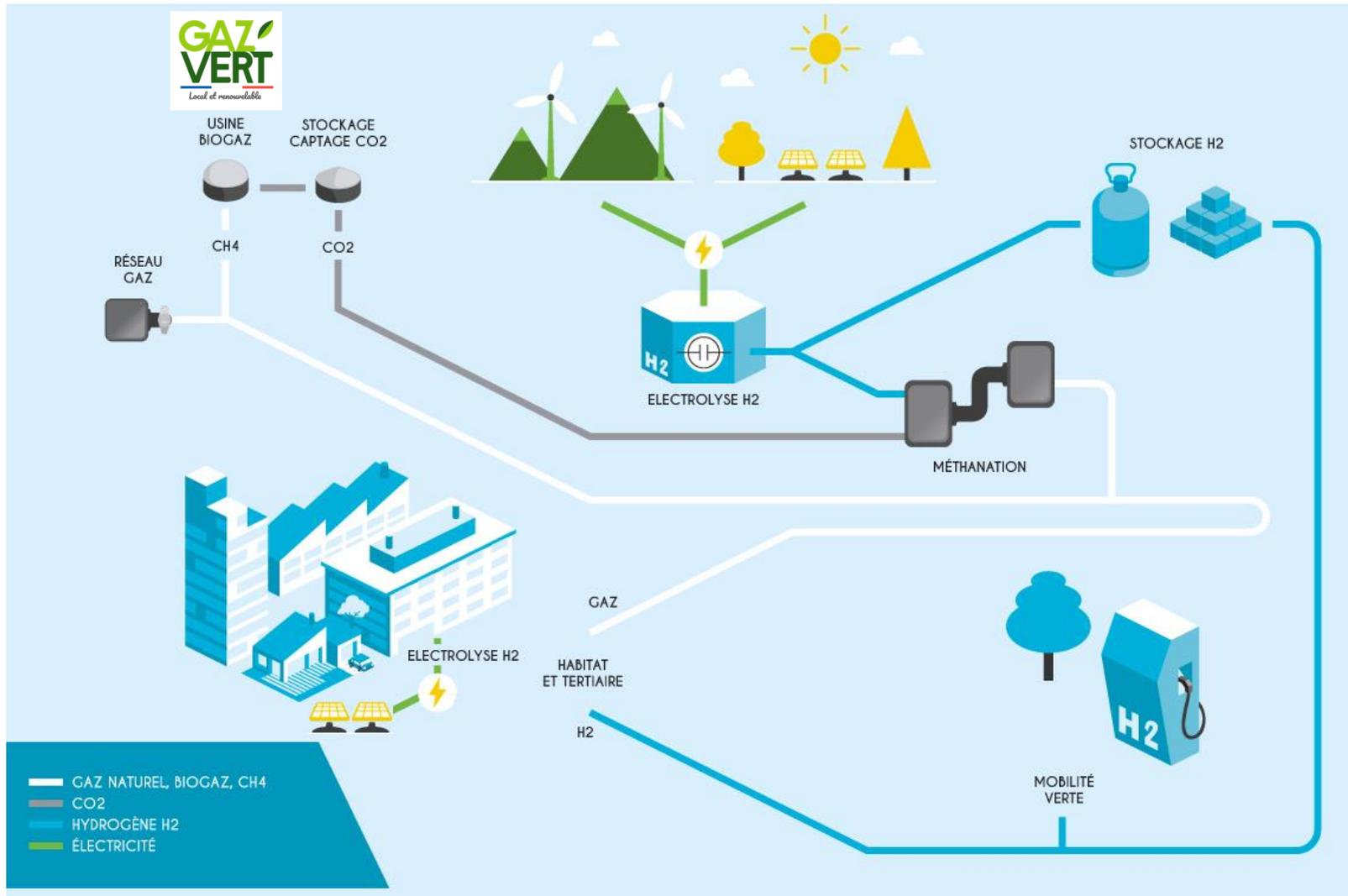
L'hydrogène, pour le confort thermique du bâtiment:

- Offre une très bonne complémentarité par rapport aux autres technologies faisant appel aux énergies renouvelables
- Les usages «bâtiment» permettent une grande souplesse dans le déploiement de l'hydrogène car les chaudières modernes sont flexibles face aux caractéristiques de l'hydrogène qui sera distribué



LES GAZ VERTS JOUERONT UN ROLE MAJEUR DANS LA
TRANSITION ENERGETIQUE CAR ILS PERMETTENT UN
DEPLOIEMENT PROGRESSIF DES SOLUTIONS





BioGaz

Hydrogène Pur

Mélange jusqu'à 2% H²/Gaz

Mélange H²/Gaz en local

Source d'Hydrogène Bâtiments



Les réseaux Hydrogène



Les tubes trailers



L'électrolyse locale



Les stockages d'hydrogène combiné (Fatal ou autres)



Exemple de projet peu rentable
Limite de 100 kg de stock



Les Normes H₂

Stratégie Hydrogène Bâtiments



Normes ou Réglementation	Code
Combustion Hydrogène dans les générateurs (DVGW) CE	ZP 3100-20 ou 100
Traduit en France par Certigaz mais pas de réglementation NF	
Combustion-dhydrogene	ICPE 2910
Limite à 100 kW thermique sans déclaration	
Installation sous l'arrete-du-12.02.1998	ICPE 4715
Limite de stockage à 100 kg sans déclaration	
Distribution-dhydrogene	ICPE 1416
Station service et son environnement	
VERITAS HYDROGENE	Contrôle Chaufferie

DVGW ZP 3100

Additional Testing protocol for Gas-fired central heating boilers using H2NG up to 20 Vol.-% hydrogen



Dennis Klein, DVGW e.V.

N°3
OCTOBER 2022



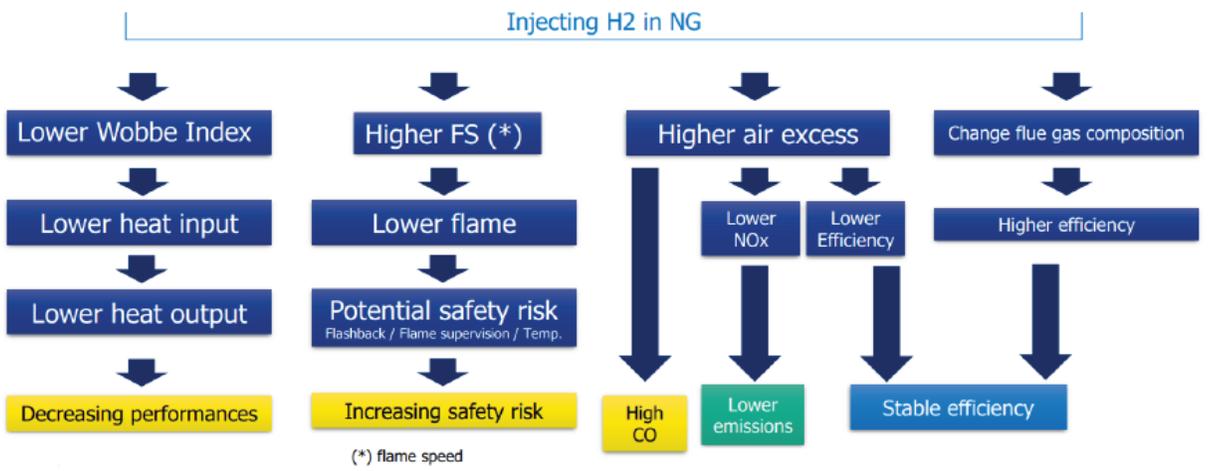
Newsletter

Testing Hydrogen admixture for Gas Applications

• Non-combustion related impact of hydrogen admixture – Tightness testing of gas distribution components in 40%H2+60%CH4

Results on Safety

The atmospheric technologies tested so far have been able to cope with 30% of H2. The principal reason for issues for the premix appliances is the adjustment (code "AD_G"). If we consider this can be solved, most appliances will have no problem anymore and can burn up gas with at least 40% H2.





La dé-fossilisation des usages GAZ. Effacement du CO₂

Stratégie Hydrogène Bâtiments

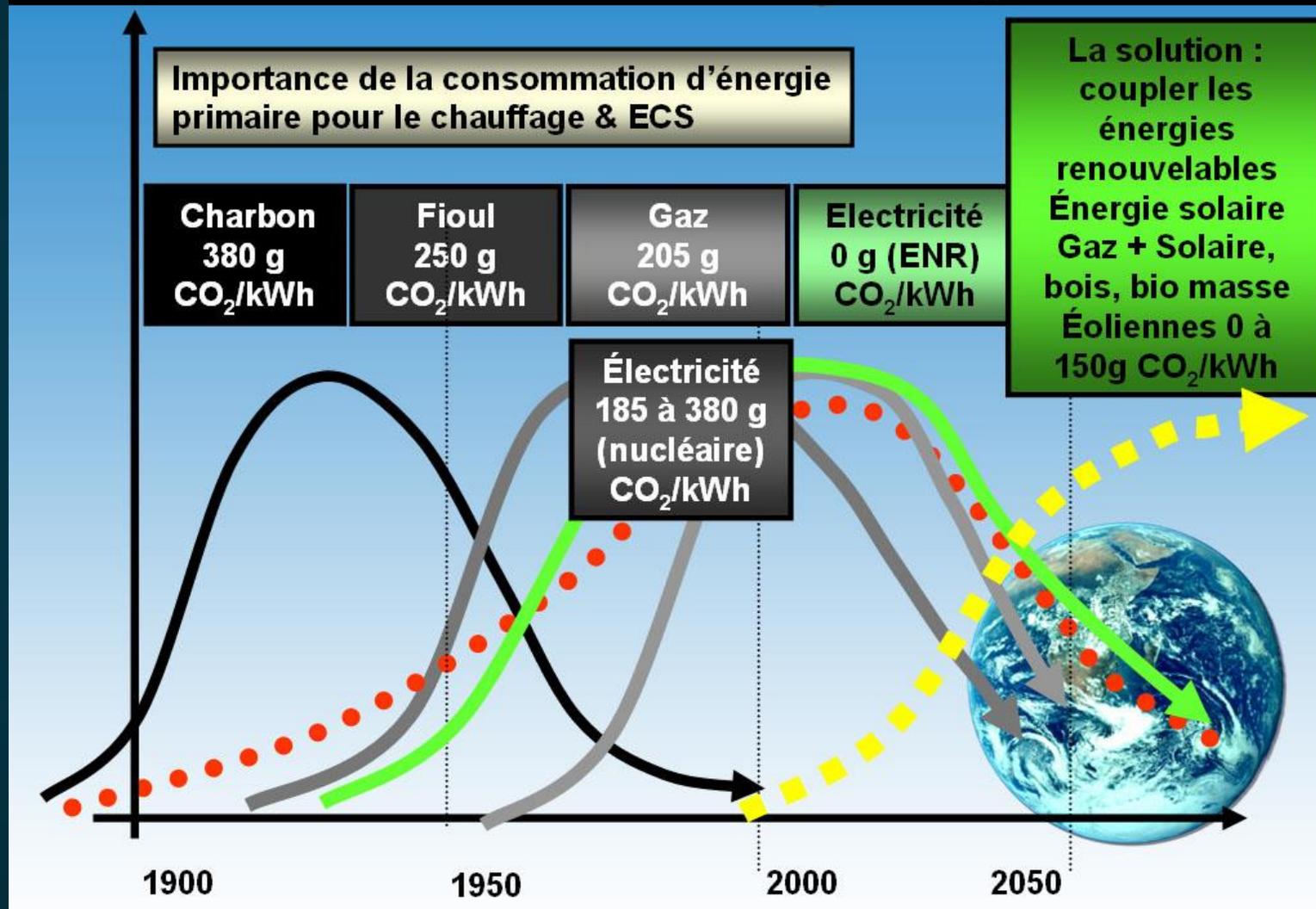


THE STORY OF CO₂

BIG IDEAS FOR
A SMALL MOLECULE



L'évolution des sources d'énergie



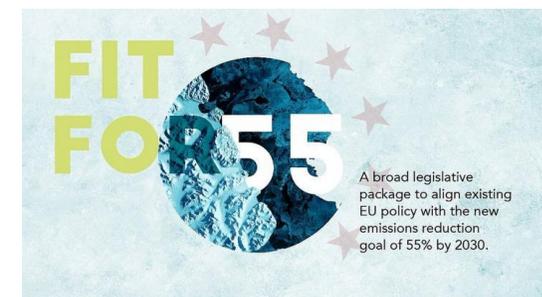
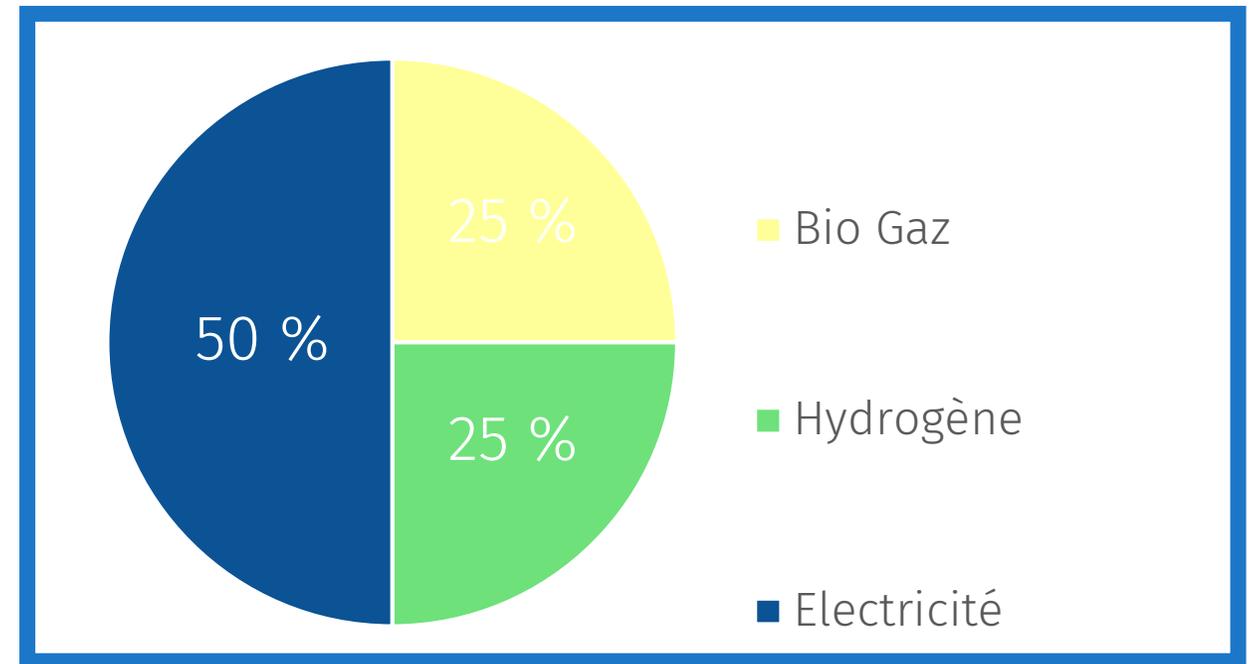
Répartition des énergies pour le chauffage des bâtiments en 2030

Part de la combustion de combustibles fossiles dans les émissions de GES
du secteur du bâtiment

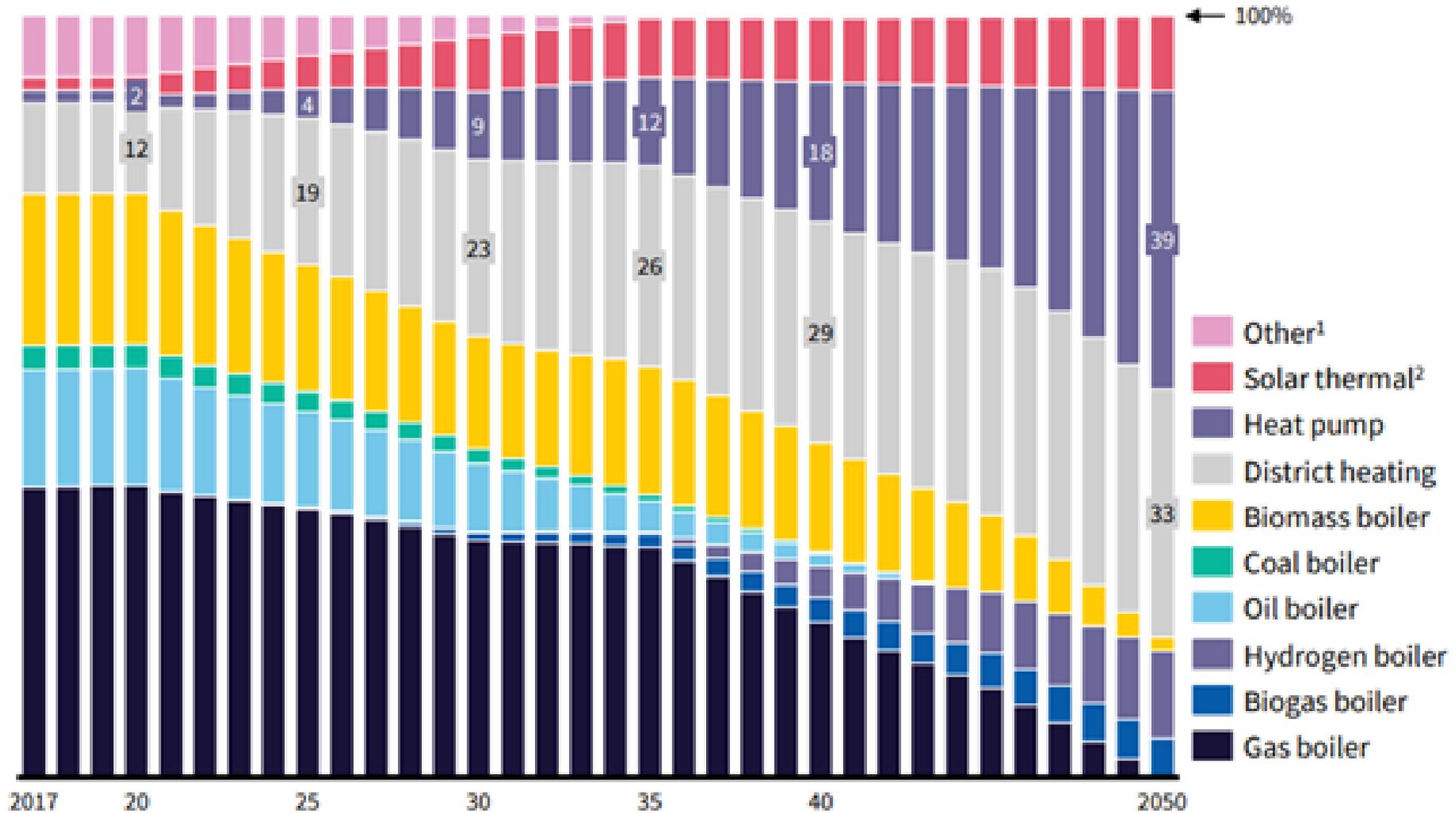
Près de 432 000 Mt de CO2 par an...

Objectif de 184 000 Mt de CO2

en 2030, soit 58% des émissions



Space and water heating technology mix, penetration level in %

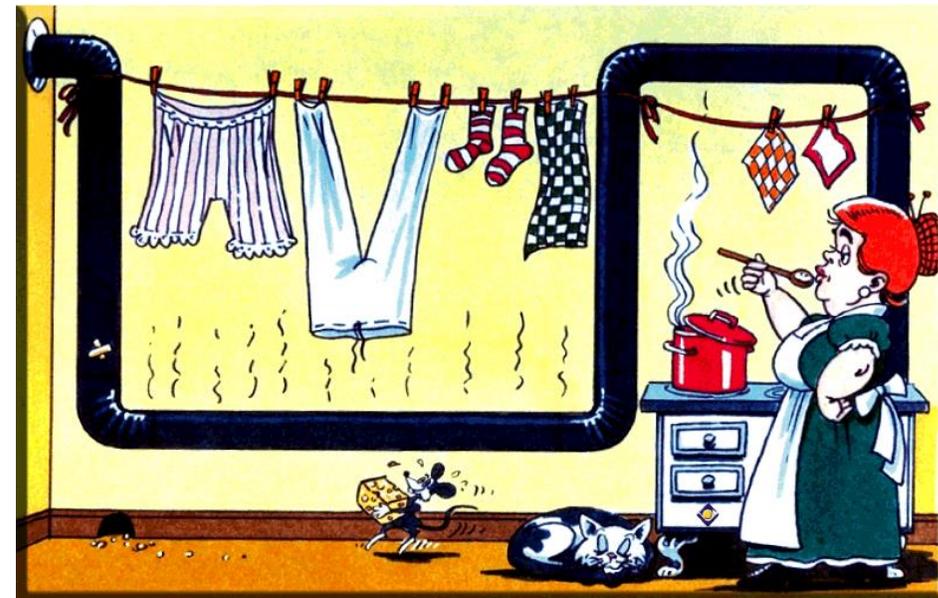
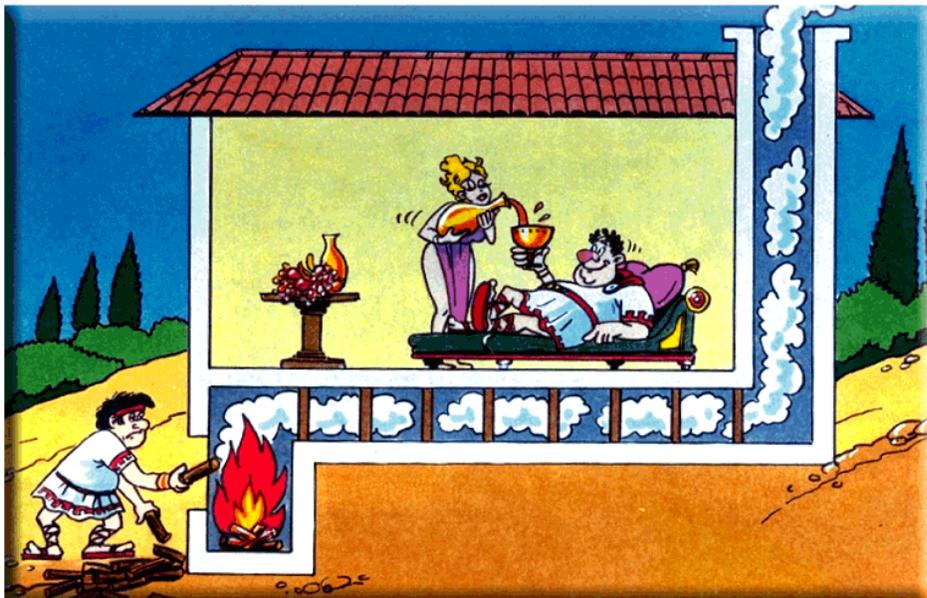
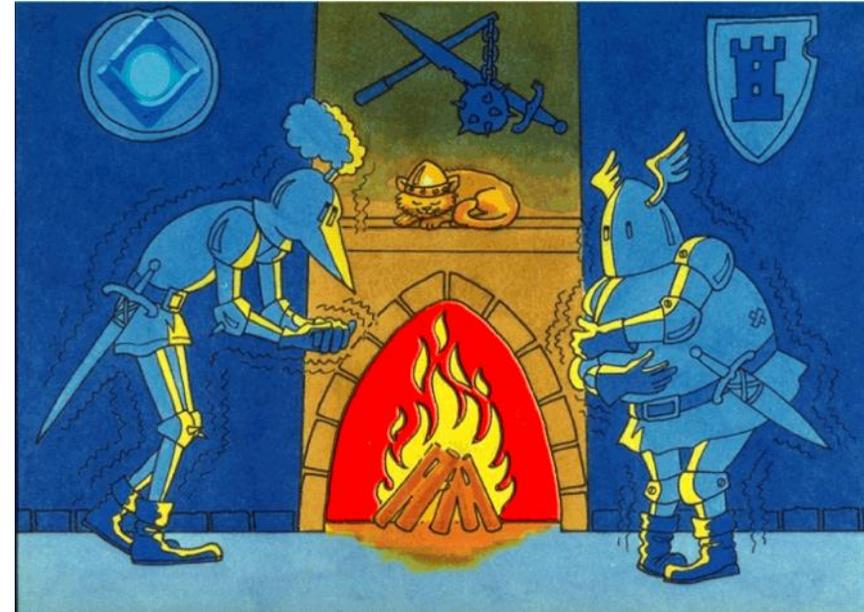


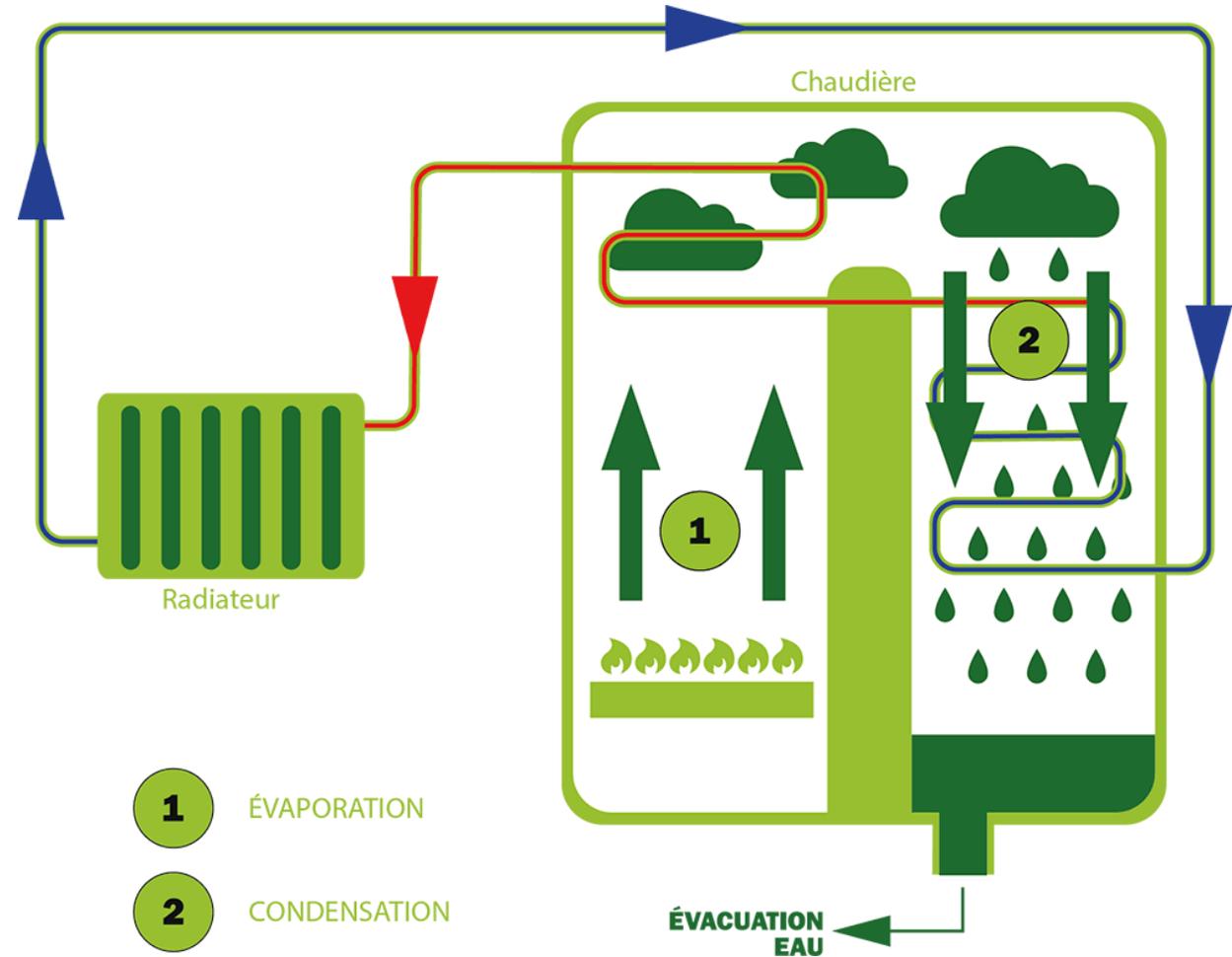
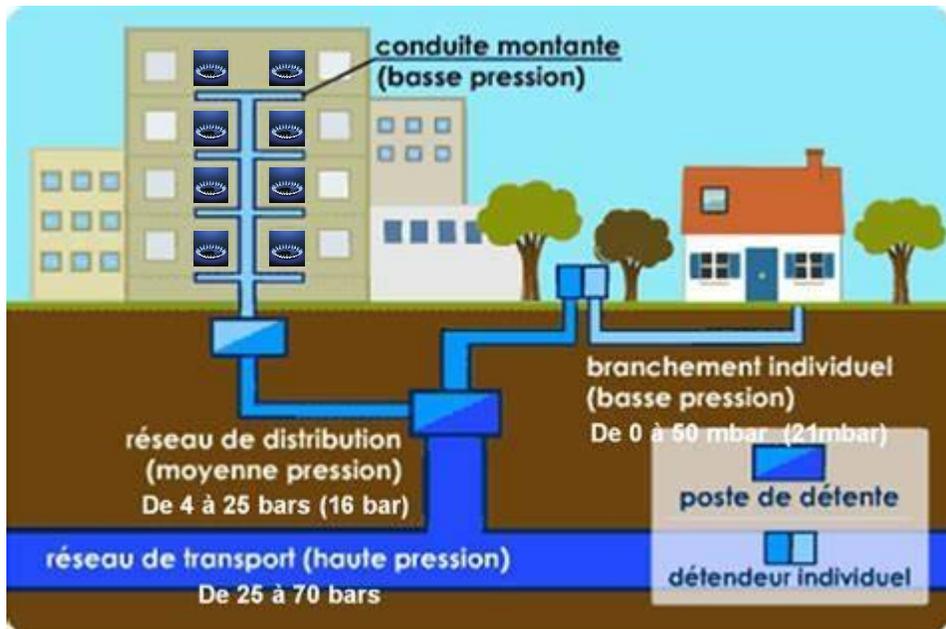


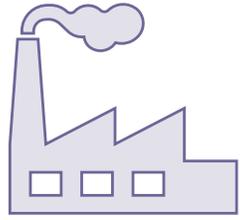
Démontrer les usages Hydrogène

Stratégie Hydrogène Bâtiments





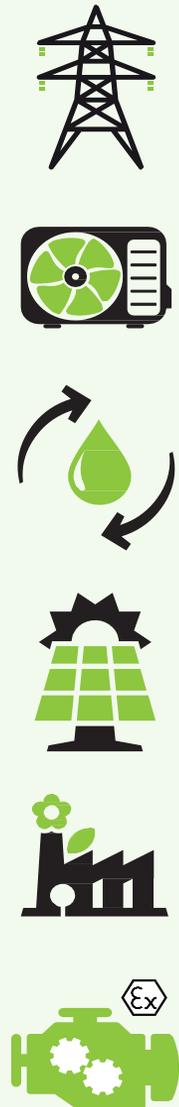




Usine de Mertzwiller (67)



Soudure ZERO CARBONE – Poste à souder® DYOMIX



SI L'INSTALLATION D'UNE PAC N'EST PAS ADAPTÉE, ALORS L'HYBRIDATION DU GAZ AVEC L'H2 EST LA SOLUTION !



LE GESTE EFFICACE POUR RÉDUIRE LES ÉMISSIONS DE CO₂



Le chauffage a contribué fortement aux émissions CO₂, CO et NO_x. D'ici 5 à 10 ans, nous avons tout pour devenir neutre en impact carbone grâce notamment à l'hydrogène.

BDR Thermea, une entreprise hydrogène ready

Hydrogène 20%

Hydrogène 40%

Hydrogène 100%





Conçu pour fonctionner au gaz naturel & acceptant jusqu'à 20% d'H2



Conçu pour fonctionner sur des reseaux avec 100% d'H2



Fabriquée et réglée pour fonctionner au gaz nat, facilement convertible sur site en 100% H2

DECARBONATION ET HYBRIDATION DU GAZ avec l'hydrogène

Les 100 % Hydrogène



Gamme Domestique
Puissance 28 kW

CO₂ = 0 / CO = 0
NO_x 3x moins
qu'avec du Gaz NAT

 **Produit identique pour la filière** 



Gamme Tertiaire
Puissance 45 kW

La Chaudière domestique 28 Kw 100 % Hydrogène



Même rendement
qu'une chaudière à
gaz naturel

Certification CE
par le DVGW
(actuellement limitée
aux field test)

Chaudière modulante
à double service
de 28 kW

Fonctionne à
l'hydrogène
pur

Installation et mise
en service **similaire**
aux produits actuels
utilisant du gaz
naturel

Compacte,
dimensions
et poids identiques
aux chaudières gaz
naturel

Zero
émissions
CO/CO₂

Disponible
pour **projets**
pilotes
sélectionnés



Des maisons chauffées avec des chaudières à hydrogène, plusieurs programmes pilotes lancés en Europe (Décembre 2022)



- Pilote organisé en partenariat avec l'énergéticien Alliander
- Conversion du réseau gaz existant en réseau hydrogène
- Chaudière à hydrogène pur utilisée pour chauffer les 12 maisons individuelles
- Chaudières de deuxièmes générations
- Chaîne de production neuve

<https://www.bdrthermeagroup.com/en/stories/bdr-thermea-hydrogen-pilot-lochem>





- Porté par la mairie de Châteauneuf (42); démarré en 2014
 - Plateforme de production d'électricité et de stockage d'hydrogène à partir d'énergies renouvelables en milieu rural
 - Prix de l'Innovation Territoriale lors des Trophées de l'ingénierie territoriale

Production/stockage: photovoltaïque (45 kWc), micro-éoliennes (24 kWc), batteries (52 kWh), électrolyseur PEM (15 kW) + stockage H2 (79kg 200 bar + 6kg 500 bar)

Utilisation: Pile à combustible (5kW 100% H2) , Station de recharge VE + FC,

Février 2021: installation de deux chaudières:

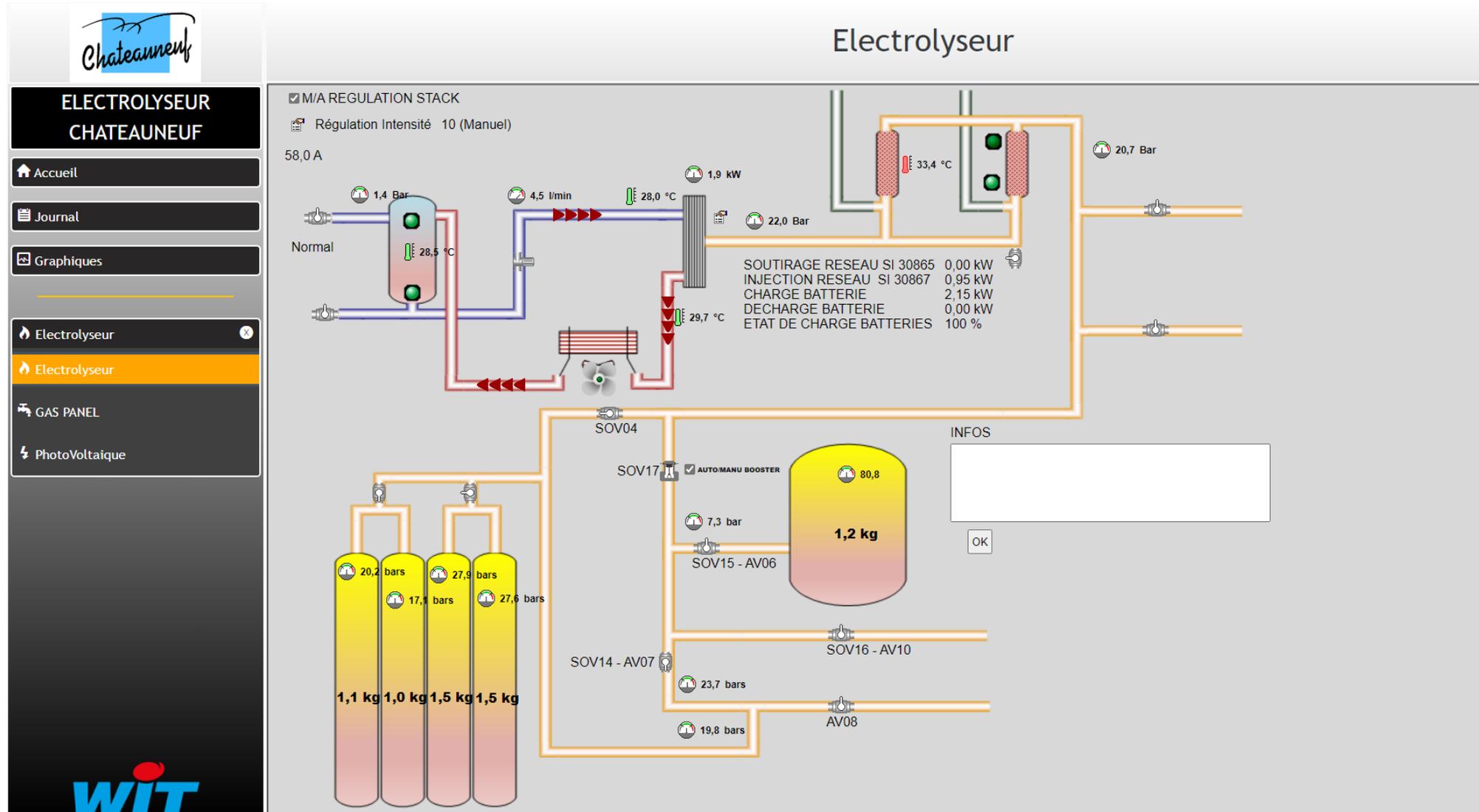
Chaudière Hydrogène pur 28kW + AMC 90 Pro 90 kW (20% H2)

(Cascade optimisée pour décarboner le efficacement possible)

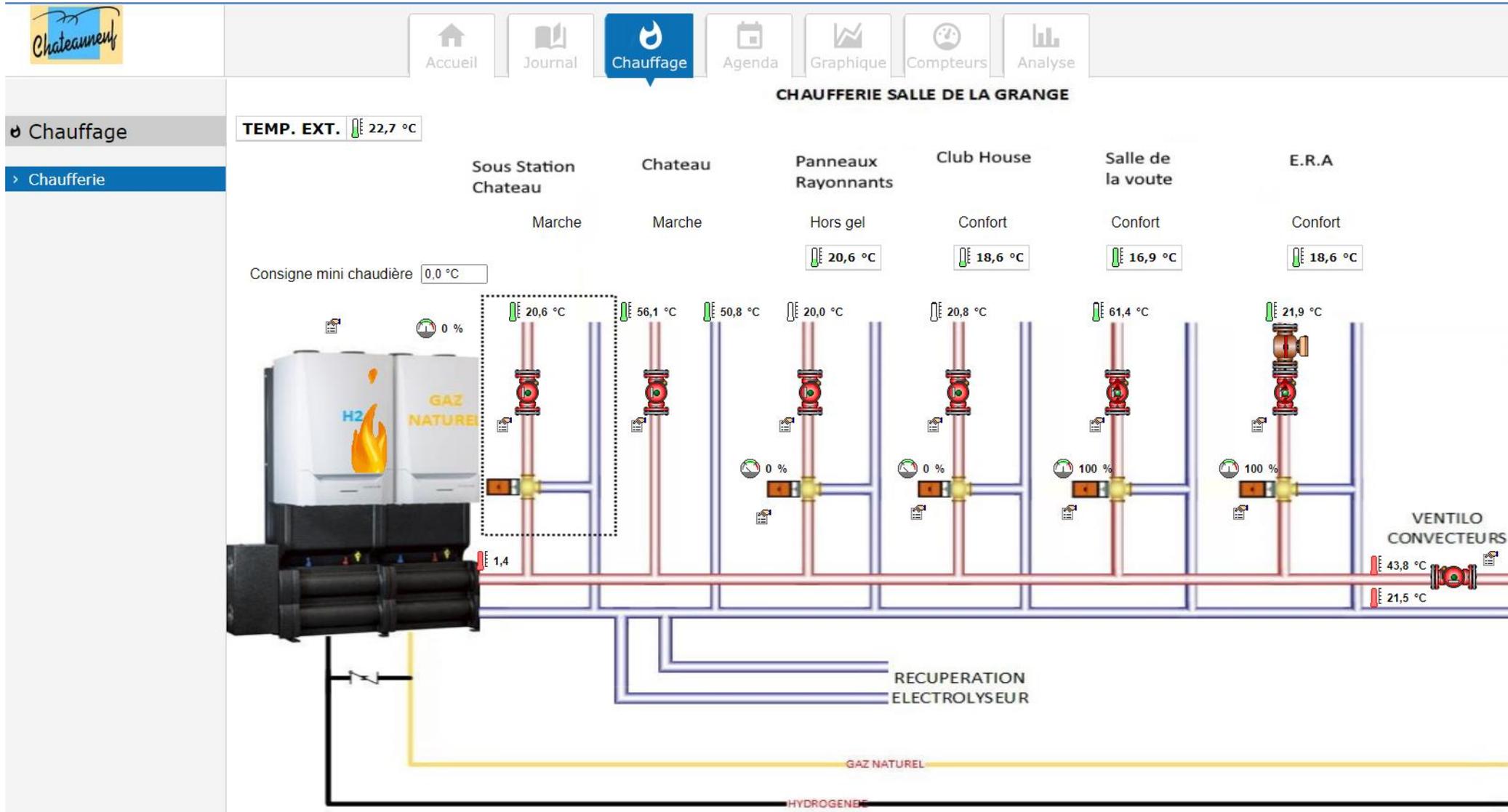


L'INDICE CLIMAT de cette installation est une économie de 29 tonnes de CO2 par an

Pilotage et contrôle de la production d'hydrogène (Décembre 2021)



Pilotage et contrôle de la chaufferie et des réseaux (Décembre 2021)



La Chaudière Moyenne puissance 45 Kw 100 % Hydrogène



Même rendement
qu'une chaudière à
gaz naturel

Fonctionne à
l'hydrogène
pur

Installation et mise
en service **similaire**
aux produits actuels
utilisant du gaz
naturel

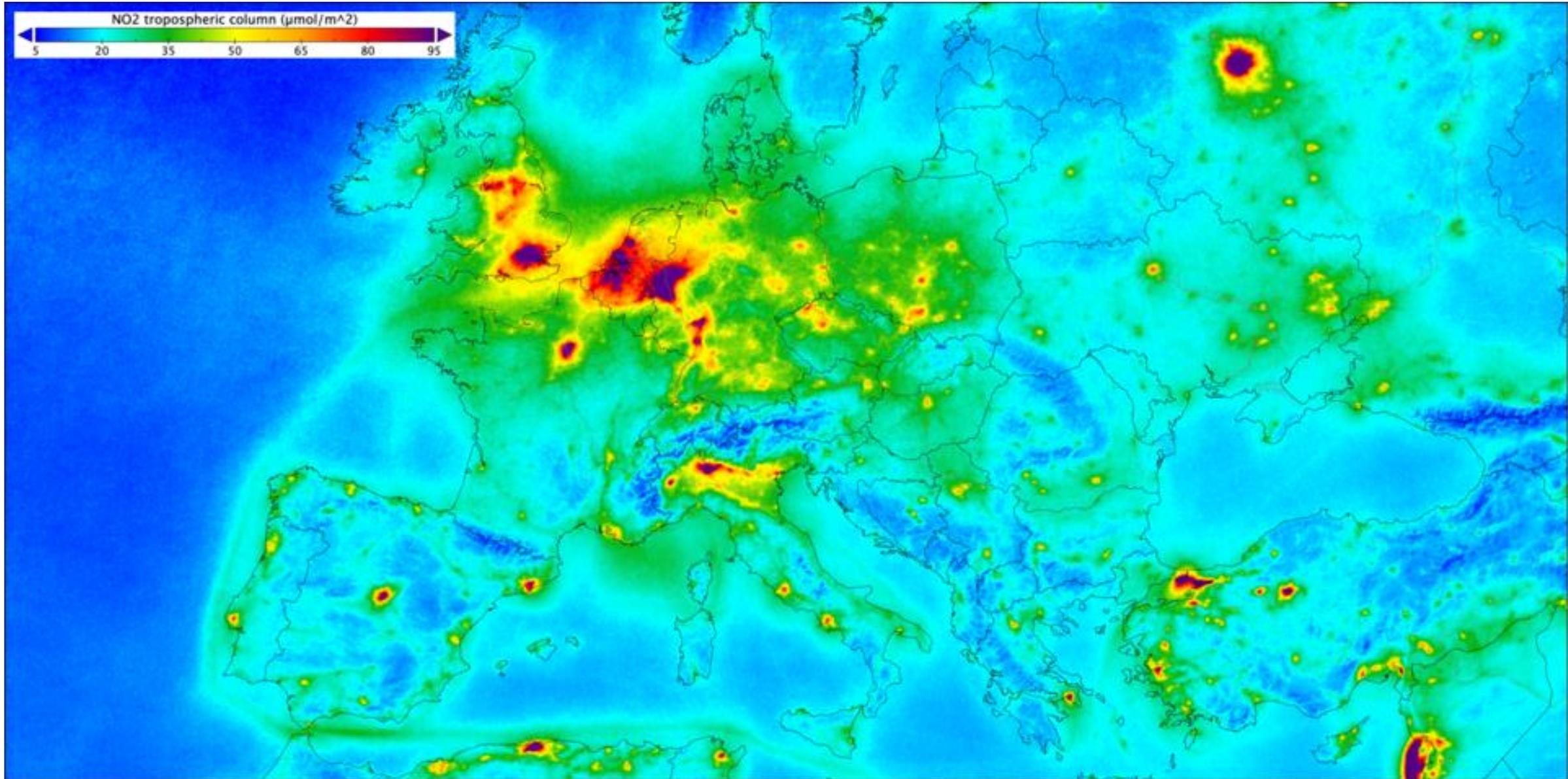
Zero
émissions
CO/CO₂

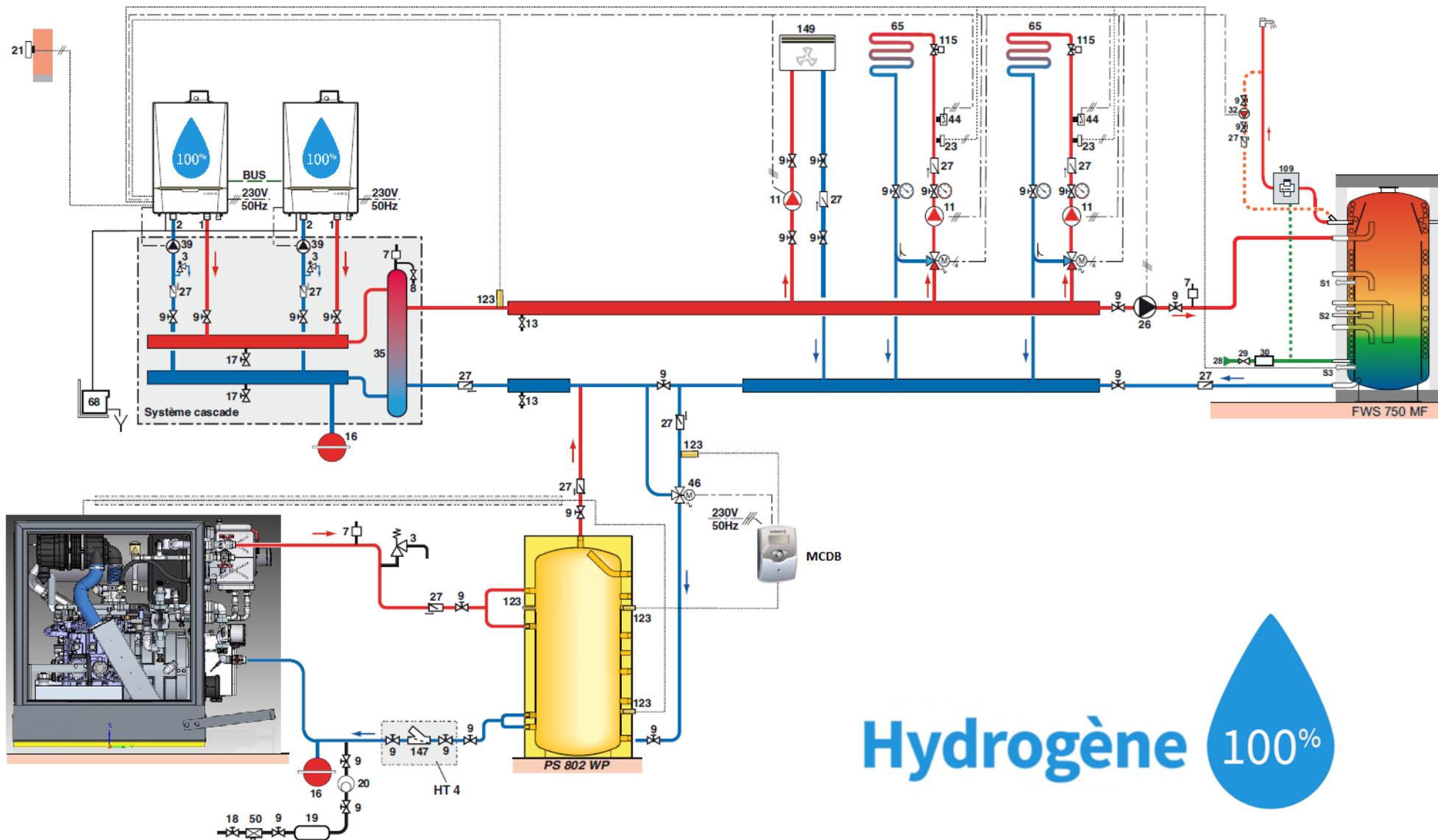
Certification CE
par le DVGW
(actuellement limitée
aux field test)

Chaudière modulante
de **45 KW**

Compacte,
dimensions
et poids identiques
aux chaudières gaz
naturel

Disponible
pour **projets**
pilotes
sélectionnés



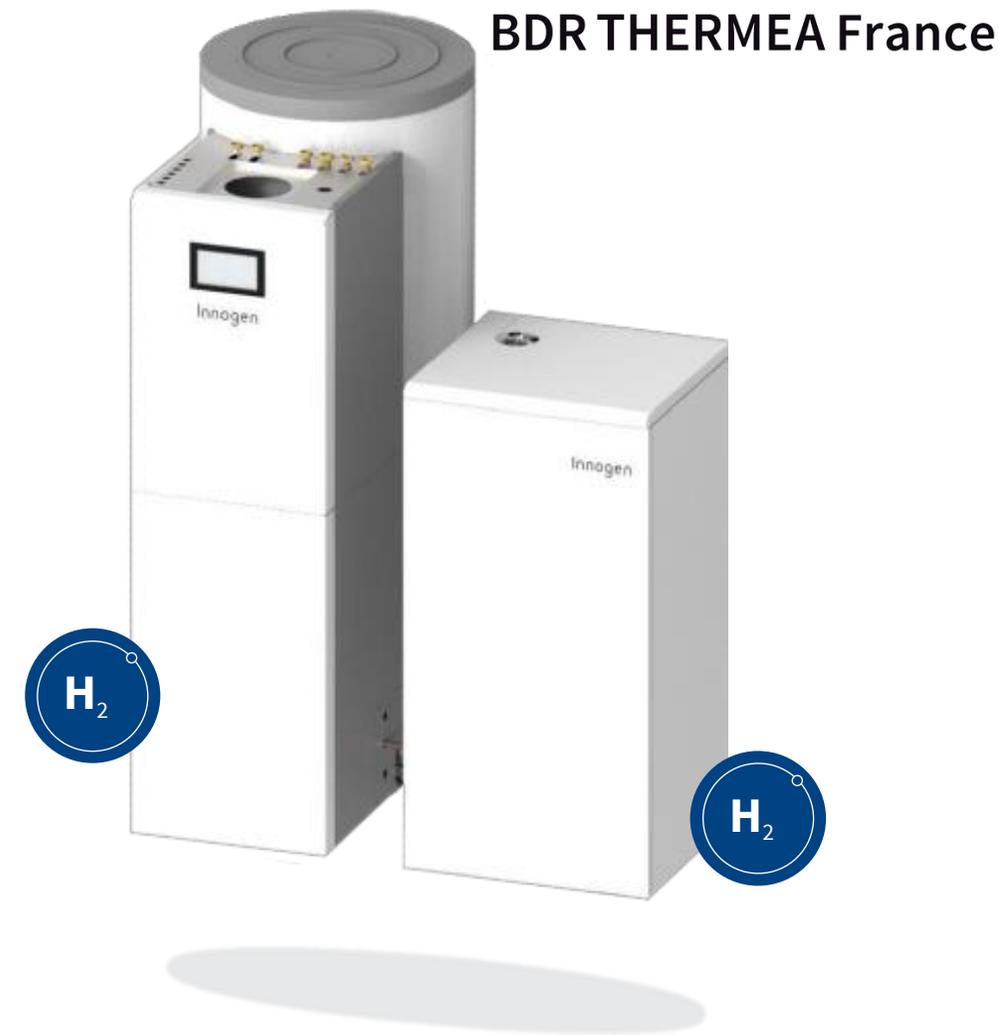


Hydrogène 100%

Systeme à haut rendement fonctionnant à l'hydrogène pur

- Combinaison idéale d'une **pile à combustible et d'une chaudière avec stockage thermique** pour satisfaire les exigences de la maison dans une solution combinée
- Systeme piloté par un « **Energy Manager** » qui optimise le fonctionnement en tenant compte des besoins de l'utilisateur final
- **Installation «Plug & Play» flexible** qui peut être combinée avec des capteurs PV ou arbre à vent et un stockage d'énergie

Maison individuelles (+EVéhicule), multi-familles ou petites installations commerciales



BDR THERMEA France

Quelques kg d'hydrogène par jour pour couvrir les besoins d'une famille de 4 personnes

- La plupart des chaudières gaz de 8 à 2600 kW sont compatibles avec l'injection d'hydrogène dans le combustible qu'elles utilisent.
- Il est fréquent de trouver des réseaux d'hydrogènes disponibles sur des site de productions industrielles.
- Cet hydrogène peut être facilement brûlé tout en limitant les émissions de CO².

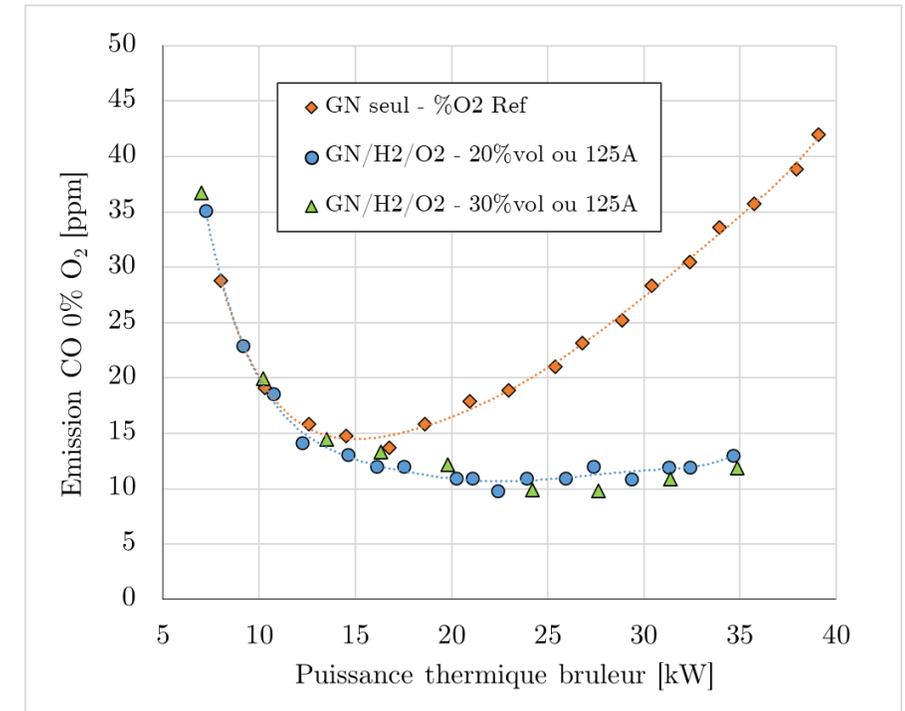
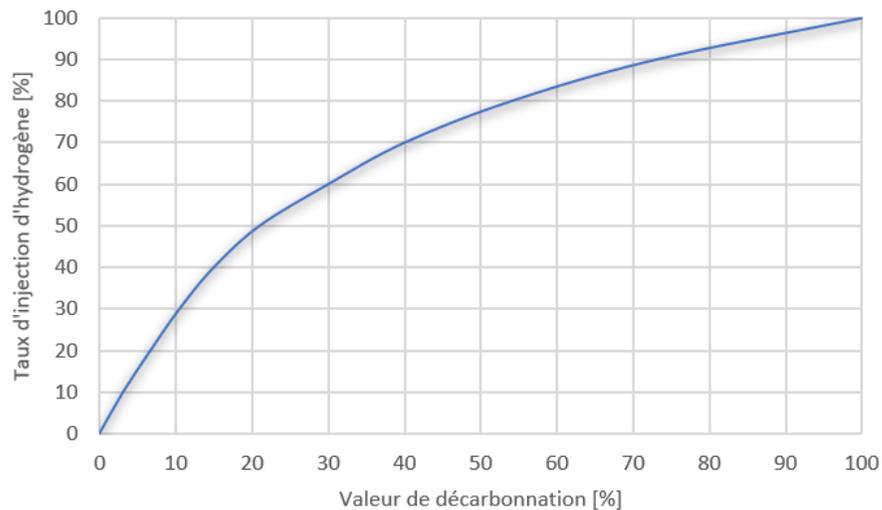
Baisse de la consommation de gaz

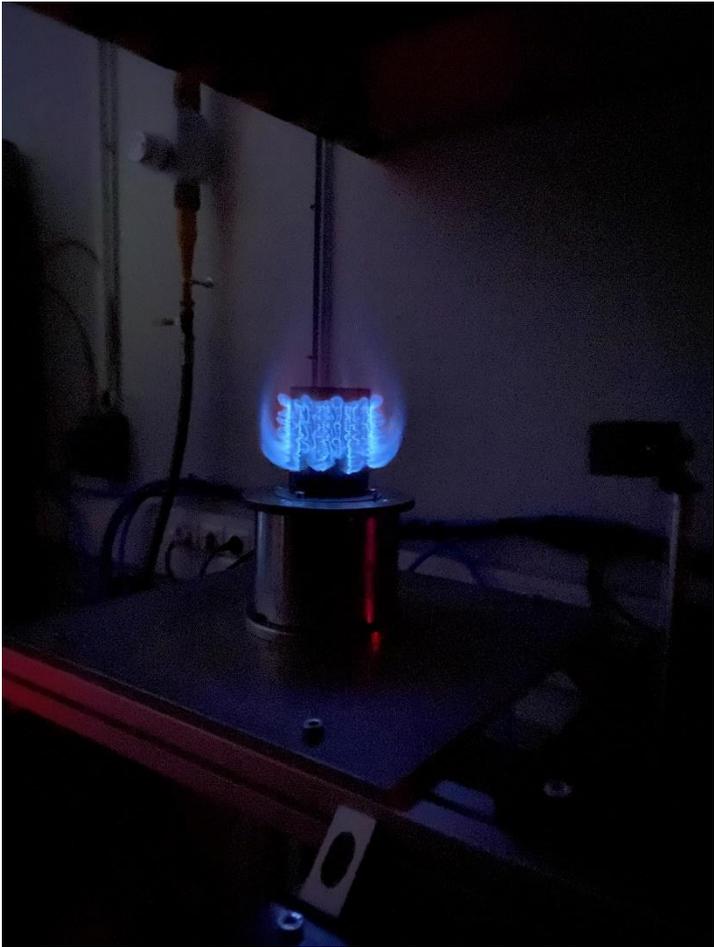
Baisse des émissions de CO²

Baisse des émissions de CO

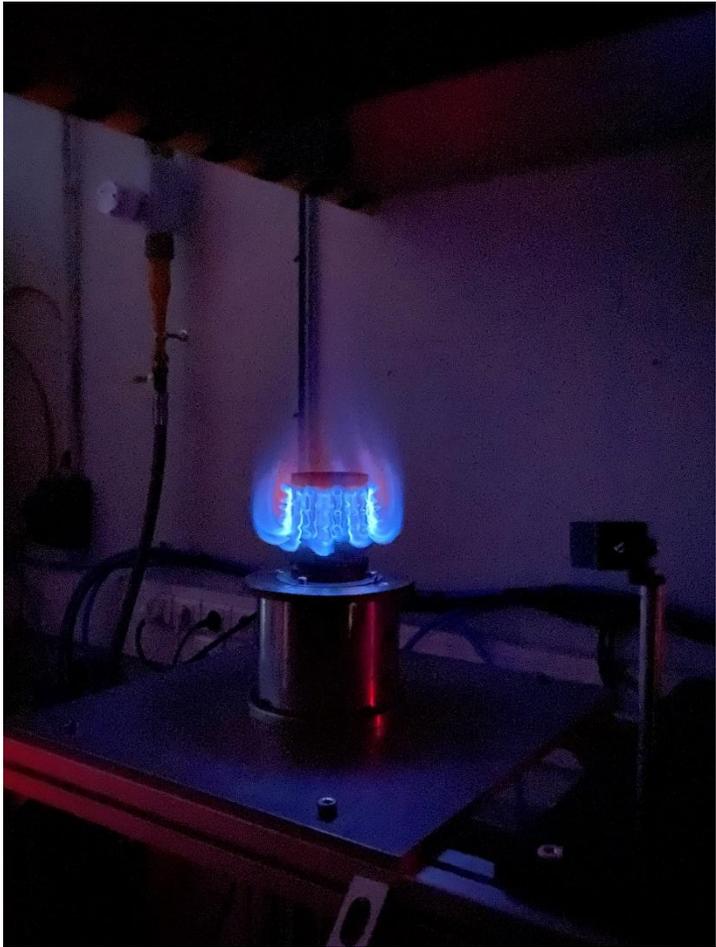
Baisse des émissions de Nox

Courbe décarbonation H²- CH₄



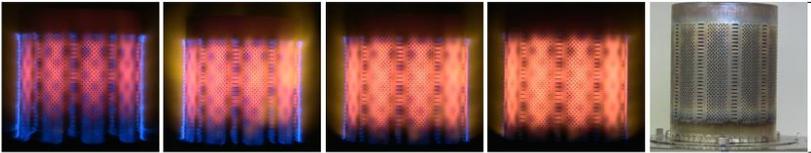


20 % H²

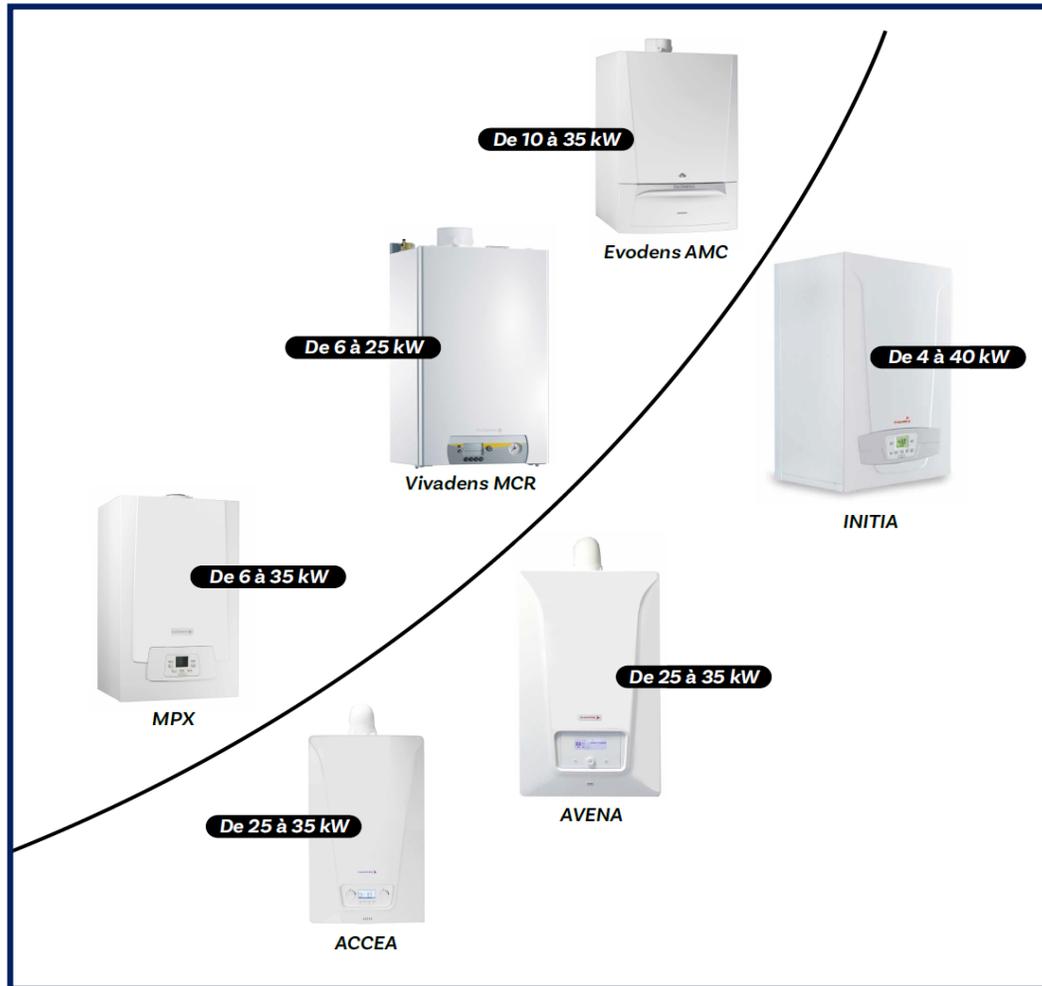


30 % H²

%H ₂ (P) = 0	%H ₂ (P) = 10	%H ₂ (P) = 20	%H ₂ (P) = 30
%H ₂ (vol) = 0	%H ₂ (vol) = 27.0	%H ₂ (vol) = 45.5	%H ₂ (vol) = 58.8



DECARBONATION ET HYBRIDATION DU GAZ avec l'hydrogène



Les Murales 20 % fixe Hydrogène

Une double gamme complète
de chaudières inox et alu-silicium
certifiées gaz vert et 20 % H2

Hydrogène  20%



DECARBONATION ET HYBRIDATION DU GAZ avec l'hydrogène



Les Moyennes et Fortes Puissances
20 % fixe Hydrogène

Une double gamme complète
de chaudières inox et alu-silicium
certifiées gaz vert et 20 % H₂

Hydrogène 20%

CO₂ ↓ CO ↓ NO_x ↓



RX POWER

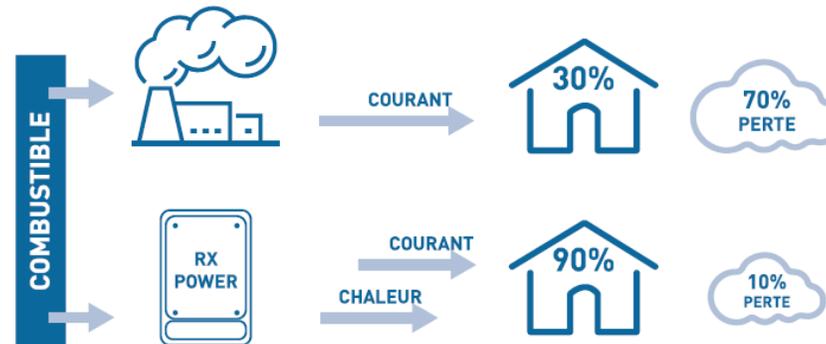
ECO-GENERATEUR A MOTEUR GAZ
PRODUIRE DE LA CHALEUR ET DE
L'ELECTRICITE A PARTIR DE GAZ NATUREL
ET JUSQU'A 40 % D'HYDROGENE





RX-POWER

	5	11	25	50
Puissance thermique 80/60 (Mini-Maxi en kW)	9,2 – 12,0	20,6 – 25,3	34,8 – 54,9	60,2– 100
Puissance électrique (Mini-Maxi en kW)	2,9 – 5,0	7,5 – 11,0	12,5 – 25,0	25,0 – 50,0
EMISSIONS de Gaz de combustion				
Emission de CO (mg/kWh)	< 20	< 20	< 20	< 20
Emission de Nox (mg/kWh)	< 200	< 200	< 200	< 200



USAGE NON ELEC
0 % 20 %

USAGE THERMIQUE HYBRIDABLE

USAGE FULL ELEC
80 % 100 %

20%

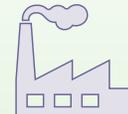
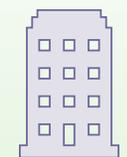
Electrification impossible




Application GAZ hybridable [422 TWh] - Effacement gaz fossile possible



60 %

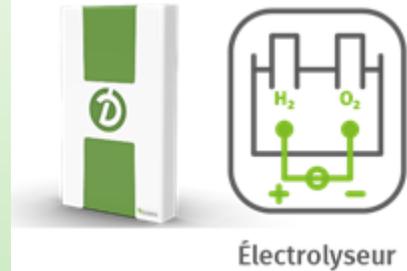
Effacement gaz fossile

Baisse des émissions de CO² et CO

Baisse des émissions de Nox (Pluie Acide)

Cogénération et récupération de la chaleur

Optimisation de la combustion amélioration de la condensation



Électrolyseur

Rendement Chaudière + Electrolyseur > Chaudière seule

20%

Electrifiable facilement



Pompe à Chaleur



Inductions



Effets joules

← Intensité CAPEX

Maîtrise du process

Réversibilité

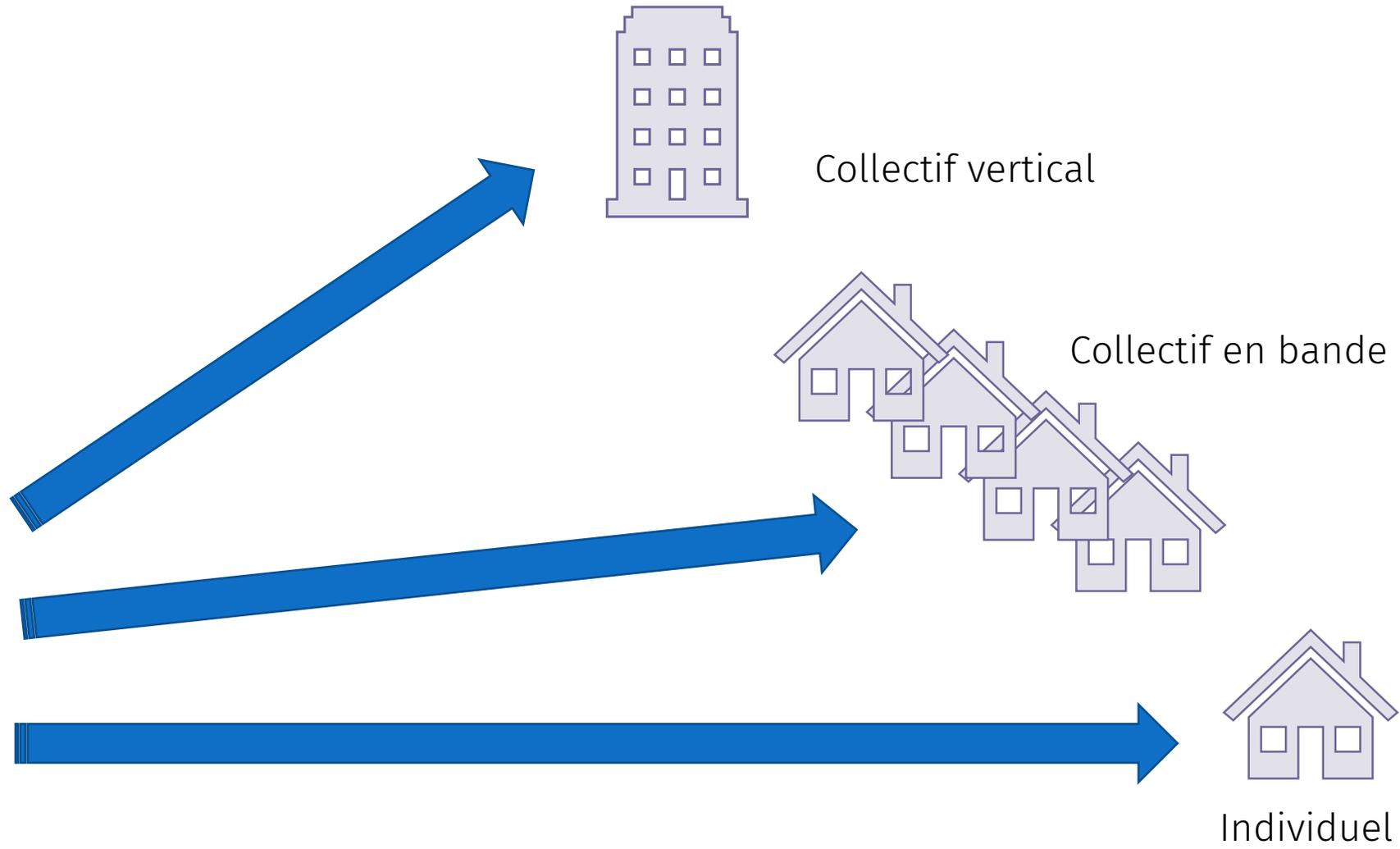
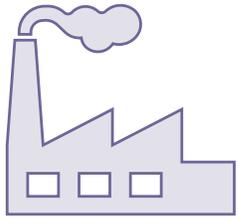
Structure du bâtiment

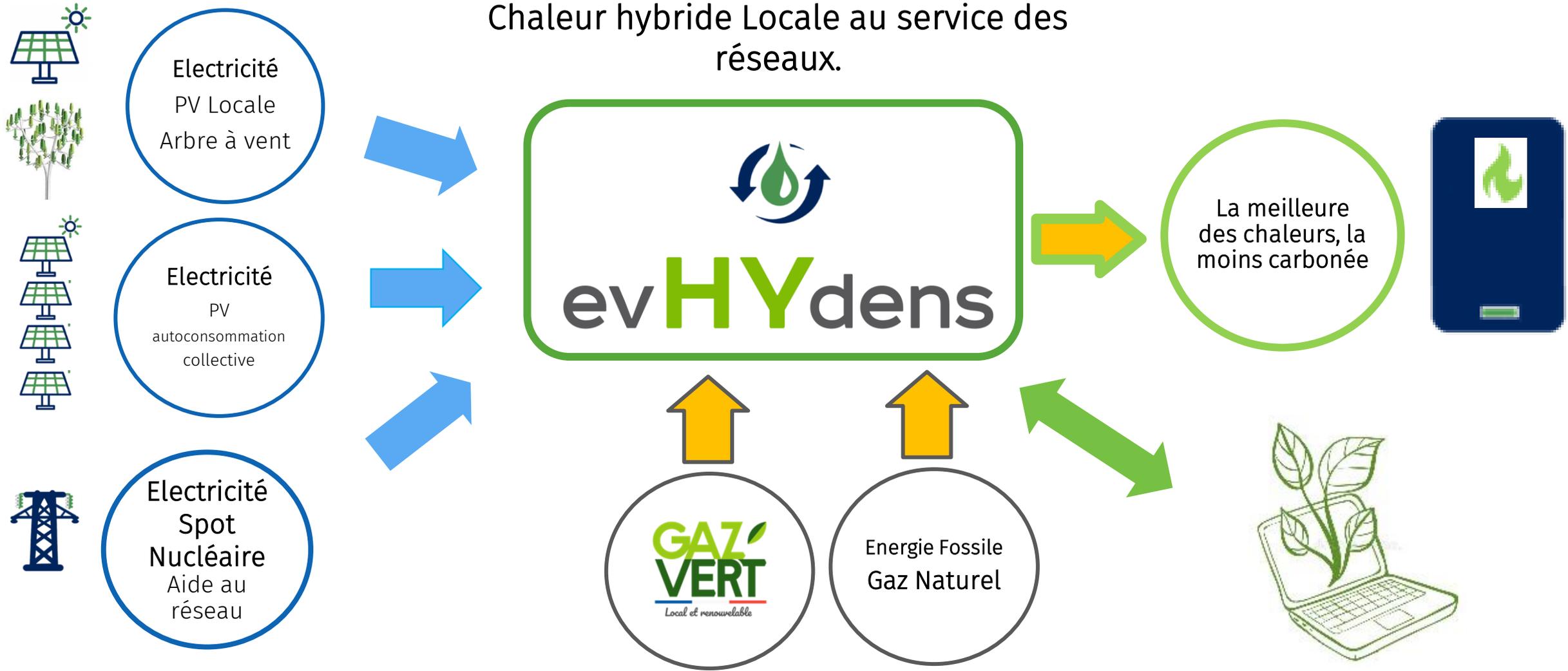
Capacité Réseau Elec

FREIN A L'ELECTRIFICATION

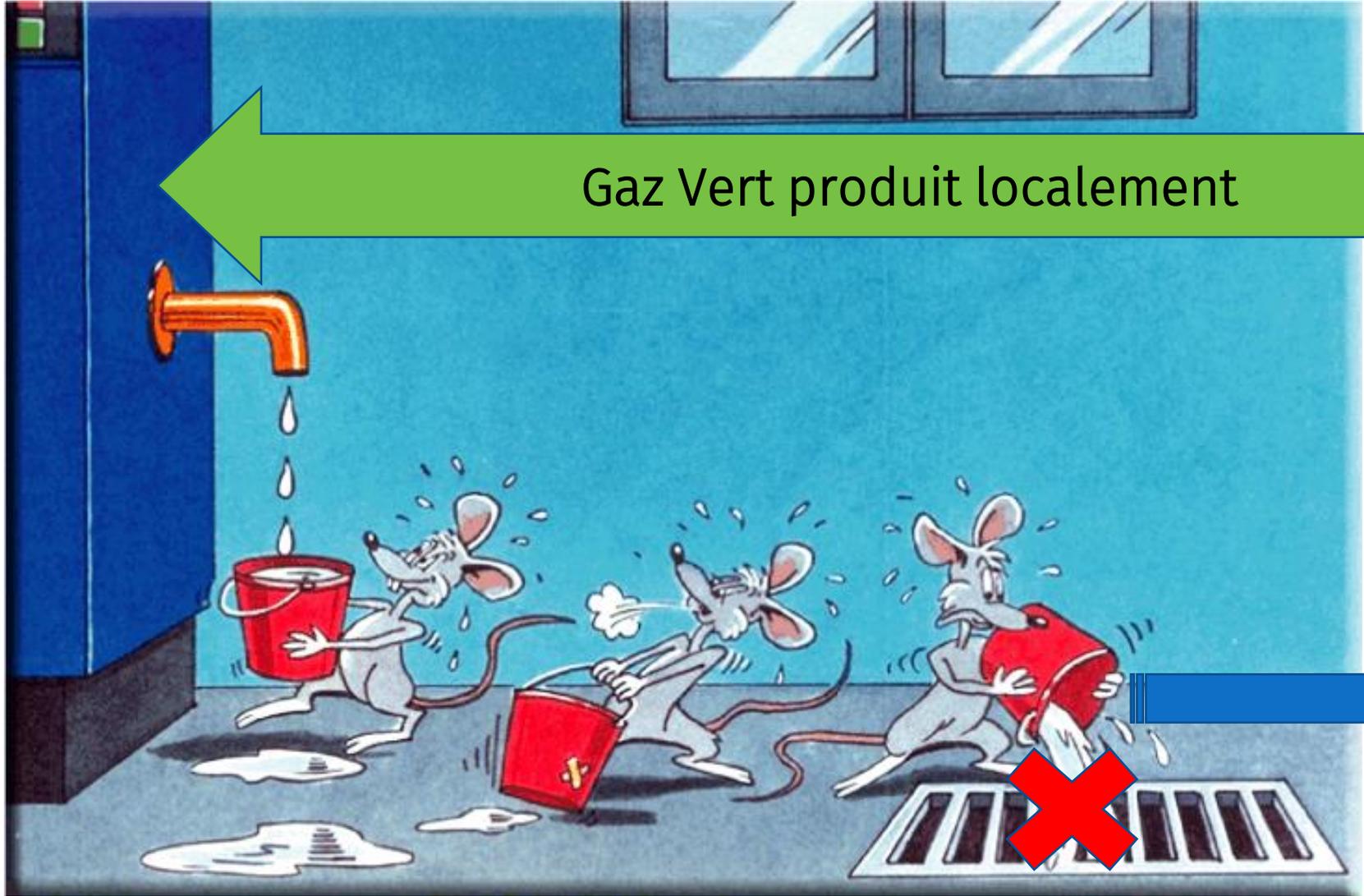


BDR Thermea,
une entreprise innovante engagée pour la
decarbonation de la combustion
associé à une start'up

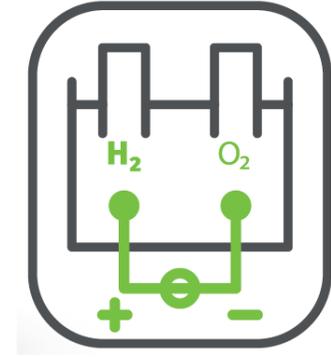




$$\text{Energies Primaires} \times [\text{Disponibilité énergétique} \times \text{Coût } \text{€} \times \text{Coût Carbone}]$$



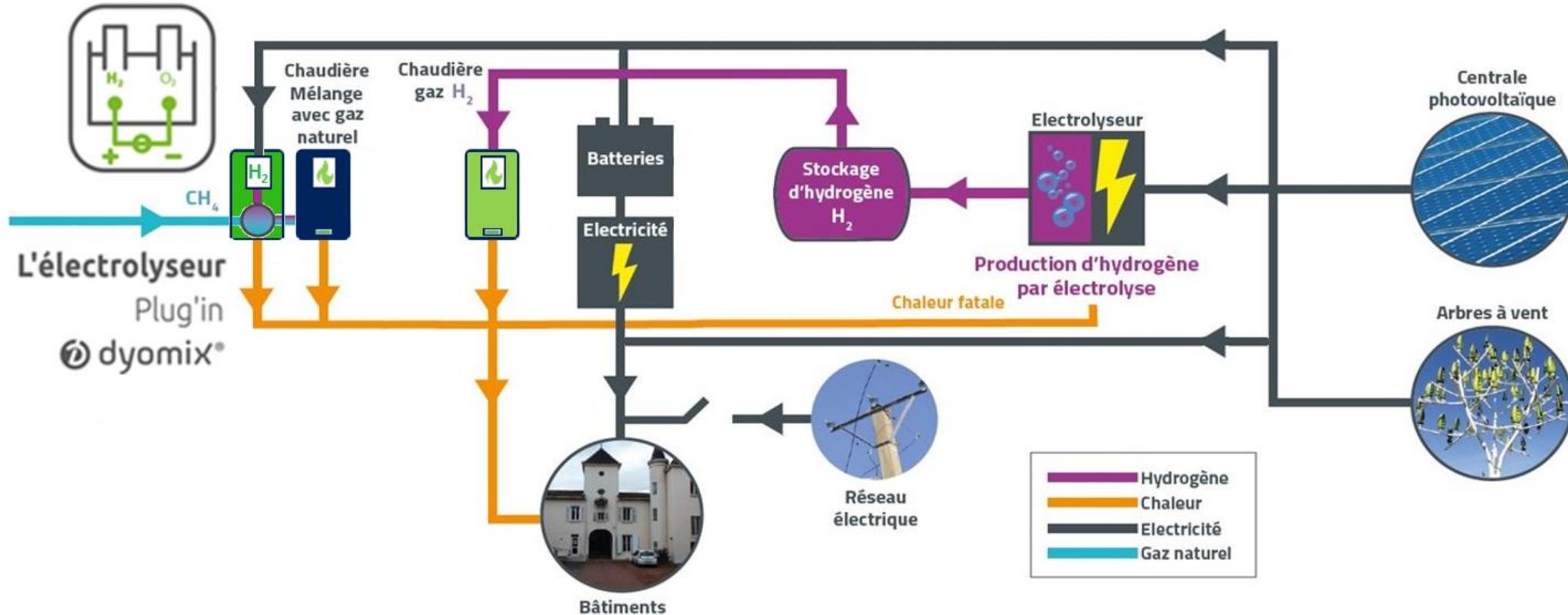
Gaz Vert produit localement

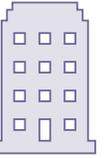


L'électrolyseur domestique Plug'in dyomix®



evHYdens





Hybridation des chaufferies Gaz



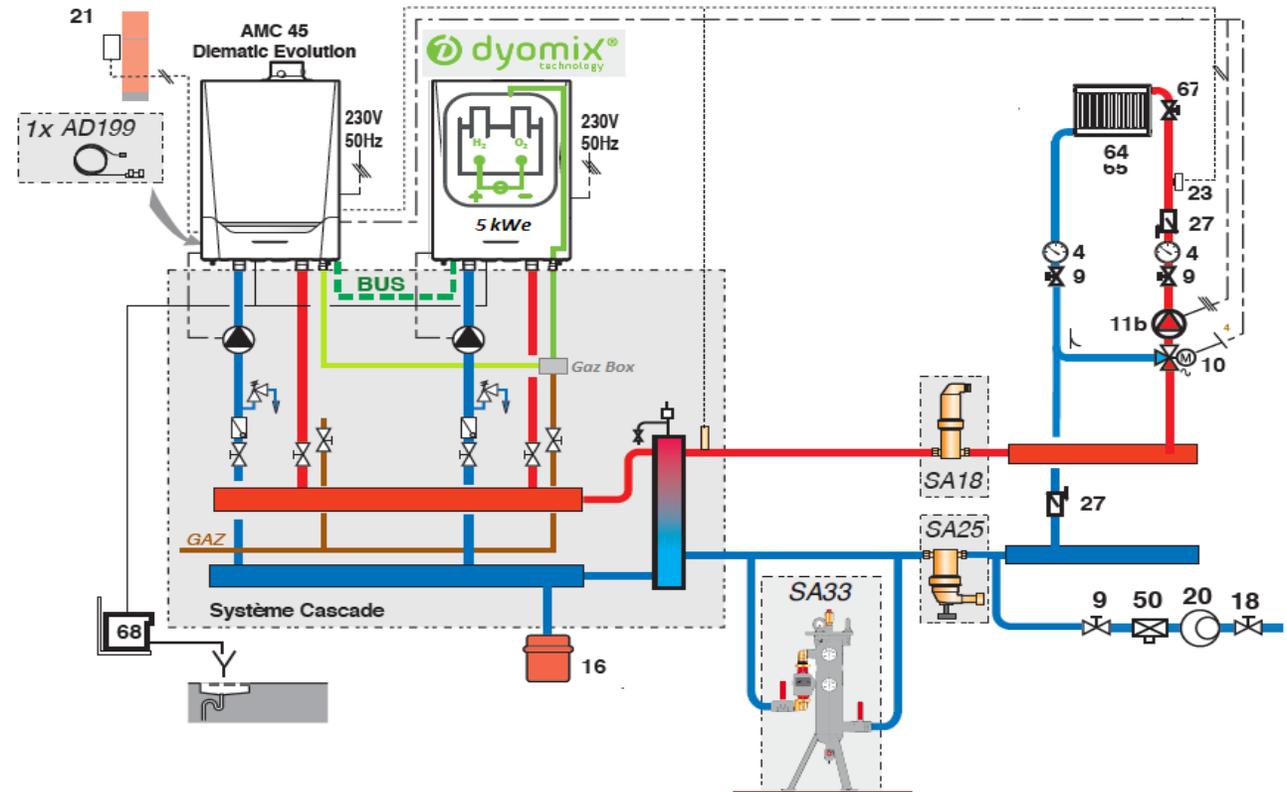
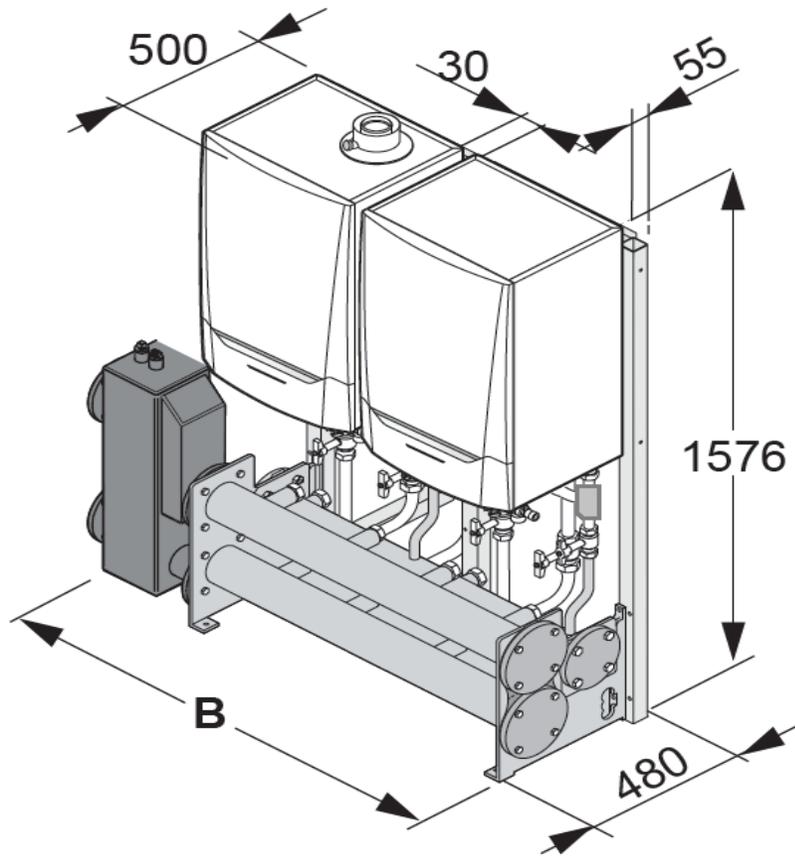
<https://www.union-habitat.org/union-data/le-parc-hlm>

Notre objectif

- **Baisse de la consommation de gaz d'où une forte baisse des factures de gaz**
- **Forte baisse des émissions de CO² et CO**
- **Forte baisse des émissions de Nox**
- **Utilisation des compétences de la filière des professionnels du gaz**
- **Technologie non disruptive accessible à tous et pour tous**



evHYdens PRO



Générateur AMC PRO prêt pour 20 % d'H₂ avec électrolyseur

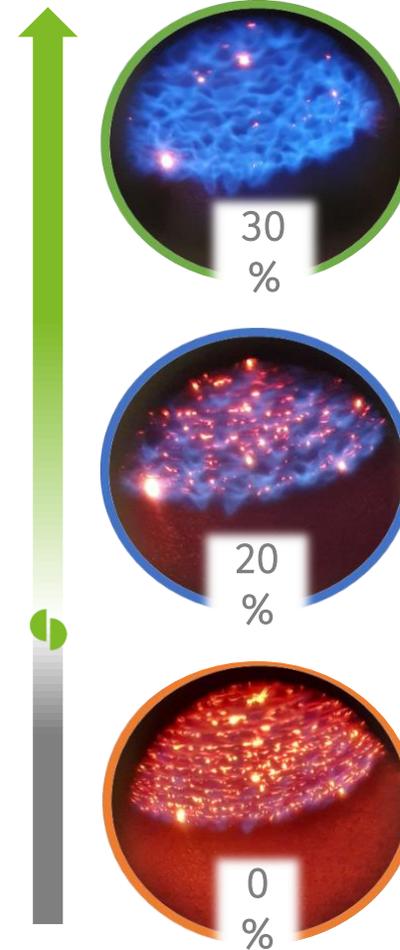


BDR THERMEA France



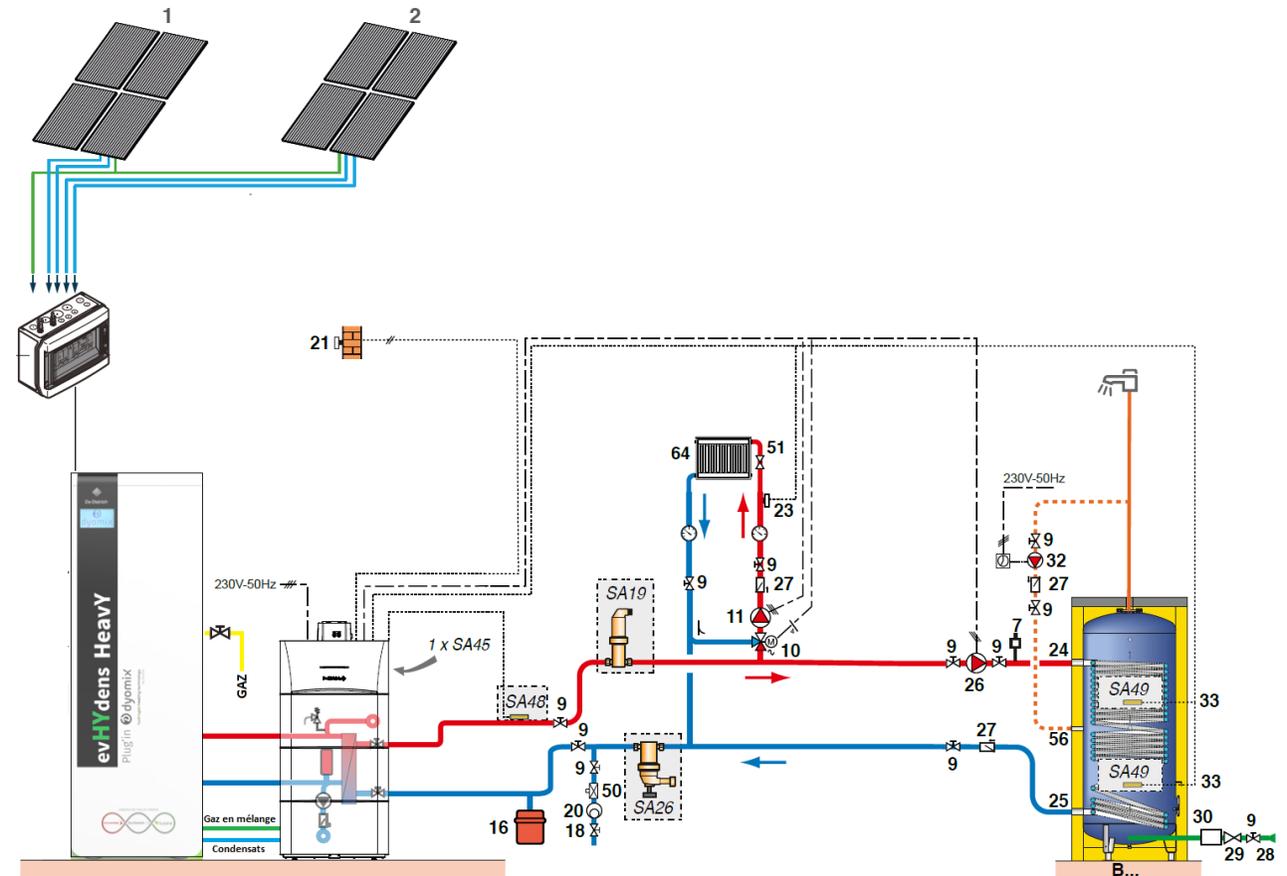


HYBRIDATION





® Electrolyseurs innovant ® evHYdens Heavy





Électrification des chaudières





Segmentation par usage

QUELLE TECHNO⁺

De Dietrich  



BÂTIMENTS

Logements
120TWh
9 millions de Chaudières
en France (119m en EU)

Tertiaires & Industriels
62TWh
400 000 en France



Solutions technologiques pour la réduction des émissions de CO₂



Pompe à chaleur



Pompe à chaleur Hybride



Réseau de chaleur



Système à chaleur hybride
Electrification du gaz



Chauffage hydrogène



Hydrogène



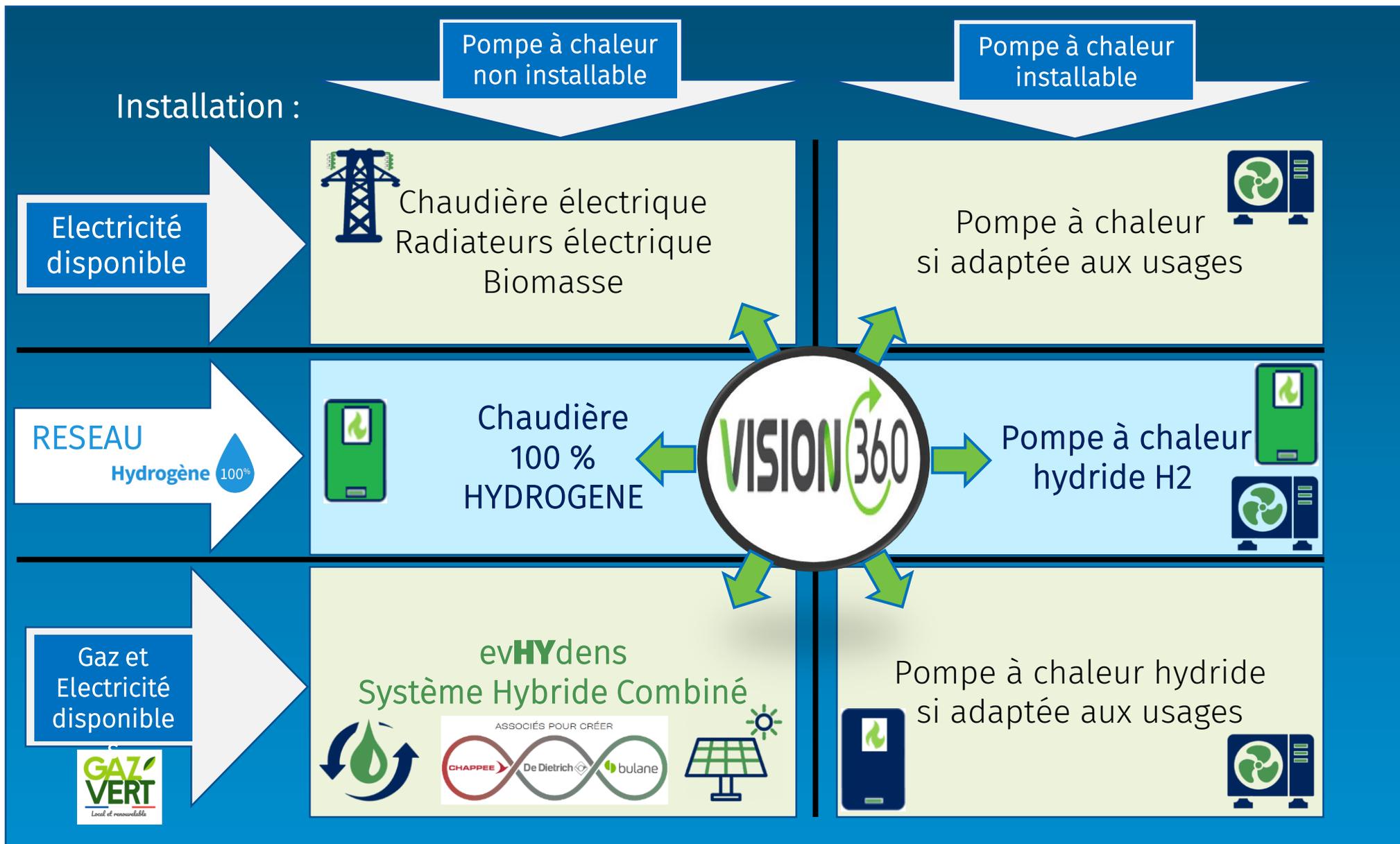
Hydrogène





Réseau de chaleur.
Raccordement Obligatoire

Segmentation par usage



evHYdens® - Technologie de référence pour la Combustion Hybride Hydrogène



GECINA - SIMULATION N93-1

gecina

ACTIF/LOT :
N93
Campus Cergy Saint Christophe
Tertiaire
Chaudière basse température

HYPOTHESES

Prix Gaz Naturel :
Conventionnel Réseau Réglementé 2023

Prix Electricité :
Conventionnel Réseau Réglementé 2022

Taxe Carbone :
Pas de valorisation

CEE/CEC :
Non valorisé

Réduction de taxes sur énergies primaires :
Non valorisé

Consommation Gaz Annuelle (kWh) :
713 000

Type de gaz utilisé	Méthane
Formule chimique	CH4

Prix du gaz inclus Capex et O&M	0,112	€/kWh
Prix du gaz molécule	0,112	€/kWh
Capex et O&M gaz	0,000	€/kWh

Prix de l'électricité inclus Capex	0,070	€/kWh
Prix de l'électricité hors Capex	0,070	€/kWh
Capex Electrolyse Amort. Sur 10 ans	0,000	€/kWh

Coût du kWh PCI d'hydrogène	0,087	€/kWhPCI
Coût du kg d'hydrogène	2,905	€/kg H2

Taux d'hybridation puissance	7,0	%P
------------------------------	-----	----

Conso. énergétique du process avant hybridation

Gaz	713 000	kWh
Electricité	1	kWh

Case Jaune = Valeur libre, à compléter



Type d'installation :	Existante	TFE	
Taux d'H2 puissance thermique	0	7	%P
Taux d'hybridation volumique	0	20,1	%vol

Consommation énergétique totale du chauffage

gaz	713 000	431 009	kWh	93%
Electricité	1	34 150	kWh	7%
Totale	713 001	465 158	kWh	100%
Ecart		247 843	kWh	
Gain		34,8%	%	

Coût financier direct du chauffage

Coût gaz	79 856	48 273	€	95%
Coût électrique	0	2 390	€	5%
Coût total	79 856	50 663	€	100%
Ecart		29 193	€	
Gain		36,6%	%	

Emission de CO2 (direct + indirect)

Emission de CO2	161 851	98 351	kg
Gain CO2	0	63 500	kg
Gain		39%	%

Coût Taxe Carbone	0	0	€
-------------------	---	---	---

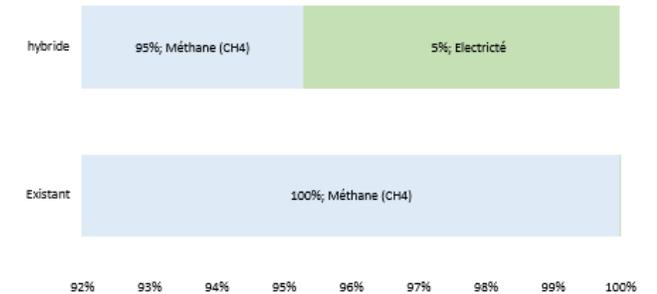
Bilan Financier	79 856	50 663	€
Gain		29 193	€
Variation sur Coût Global		36,6%	

Valeur du CO2 économisé	0,46	€/kg CO2
Gain	15,56	g CO2/kWh
Gain	7%	%

RECAPITULATIF

Puissance Thermique électrifiée	40%	
Coût de l'électrification (fuel-shifting)	-36,6%	
(Nouvelle) Part économique d'électrification	5%	
Part économique restante du gaz	95%	
Réduction de l'impact Carbone	-39%	
Economies de Carbone - Annuel (Tonnes)	63 500	
Economies de Carbone - ACV Dynamique RE2020 (Tonnes)	3175	
Chaudières neuves C340-280) + C340-345	65 K€	
Electrolyseurs 15KW + 25KW	98 K€	
CAPEX sur Chaudières THPE (k€)	65 K€	
CAPEX sur Electrolyseurs TFE (Hydrogène) (k€)	98 K€	
OPEX sur Chaudières THPE (k€)	1,2% CAPEX / an	0,78 K€
OPEX sur Electrolyseurs TFE (Hydrogène) (k€)	3,5% CAPEX / an	3,43 K€

Analyse de l'Hybridation € (Fuel-Shifting)





BDR THERMEA France

X



bulane



Système à chaleur hybride



Hybridation du gaz naturel
par électrolyse locale



Tableau des émissions de l'AMC PRO 45 Puissance 18 kW

S'il fallait retenir que cela

Générateur	Emission CO2	Emission CO	Emission Nox	Source
EVODENS AMC PRO Gaz Naturel	9,1 %	22 ppm	> 50 ppm	Test Labo IMFT
EVODENS AMC PRO 20 % H2	8,69 %	Identique	Divisé par 2	Test Appeldorn MR7207
EVODENS AMC PRO 20 % O2/H2	8,62 %	Divisé par 2	Divisé par 5	Test Labo IMFT
EVODENS AMC PRO 30 % O2/H2	6,5 %	Divisé par 2	Divisé par 10	Test Labo IMFT

- Une chaudière 28 kW 100 % Hydrogène
- Une chaudière 90 kW hybridée
- Un électrolyseur innovant avec un rendement supérieur à 97 %.
- Un stockage d'hydrogène adapté aux besoins du site.



Une consommation énergétique fortement réduite

↓ - 48 % Gaz naturel pour le site

↓ - 80 % CO ↓ - 88 % NO_x

100 % de l'électricité ENR valorisée sur le site.

Année	kWh/m ²
2019	142
2020	120
2021	106
2022	98
2023	85

MERCI





Les bâtiments au cœur de
la transition énergétique

Sylfen 



Sylfen empowers your buildings

Membre fondateur de *France Cleantech Industries* en 2023

Membre *French Tech*, *Greentech* et *Deeptech* depuis 2020

Certifié *Efficient Solution / Solar Impulse* depuis 2019

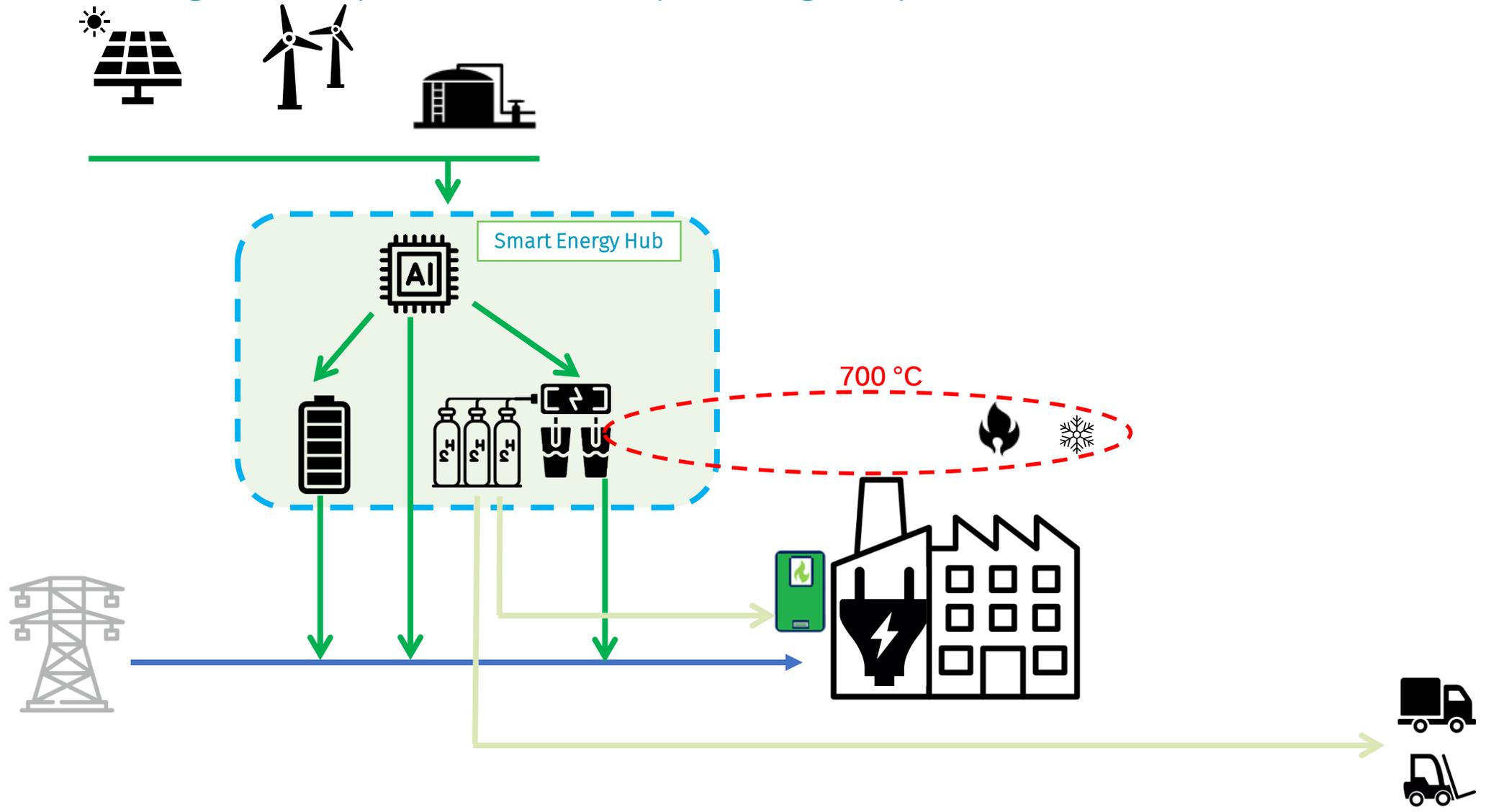
Projets européens 2020 - *Reflex & Gift*

R&D depuis 2005 et 22 brevets déposés

Levée de fonds de 10M€ en 2022 & nouvelle levée de fonds S2 2023



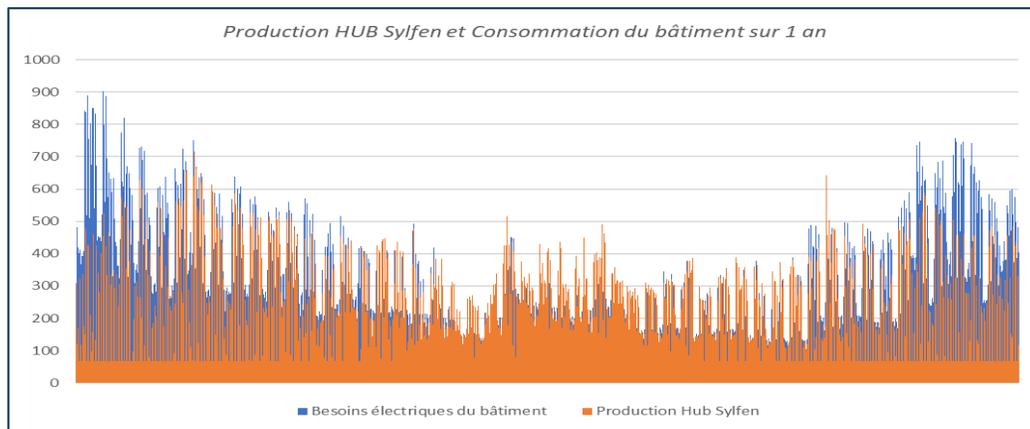
H2 vert en grande quantité sur le parc logistique de l'Aube



Profil du bâtiment

- Type : Immeuble de bureaux
- Superficie totale : 24 000 m²
- Besoins en électricité : 2 472 MWh
- Besoins thermiques : 337 MWh (dont 114 Pompe à Chaleur)
- Production d'énergie renouvelable : 1 235 kWc

Installation photovoltaïque	Batteries Li-ion	Module rSOC	Stockage d'hydrogène
1 232 kWc (= 7 392 m ²)	Capacité : 500 kWh	1 module MP Puissance stockée = 400 kW Puissance de sortie: 50 kWélec + 40 kWth	500kg (20MWh)



Résultats avec Smart Energy Hub 1 MP

45%
Réduction des coûts
d'énergie électrique

Jusqu'à
750 K€
Gain moyen sur les
achats énergétiques
annuels

37%
Réduction des
émissions de CO₂

12 ans
Retour sur
investissement

> 40%
Taux
d'autoproduction





Options pour aller plus loin

- Intelligence Prédictive / Surveillance par Sylfen
⇒ Consommation d'énergie optimale
- Smart Energy Hub avec : 3 modules MP et 4,2 GWc installés
⇒ Production d'énergie optimale



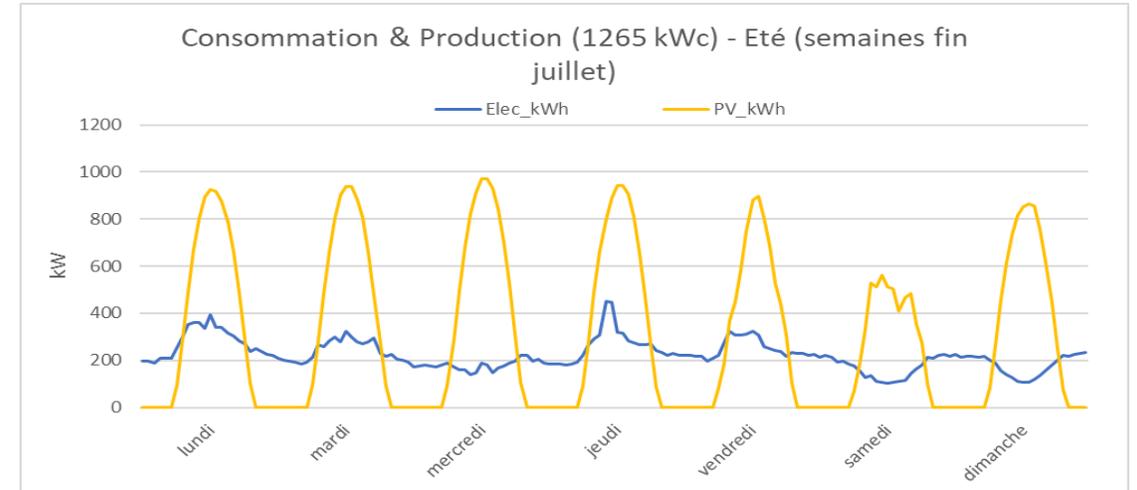
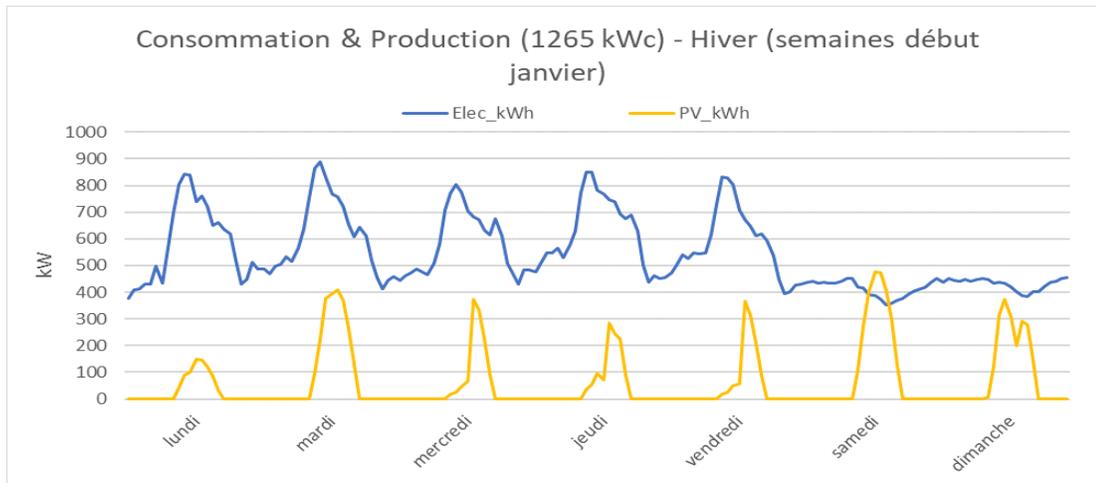
Résultats avec Smart Energy Hub 3MP

90 %
Réduction des coûts
énergétiques

Jusqu'à
3 GWh
Moyenne de l'énergie
annuelle produite par
Sylfen Hub

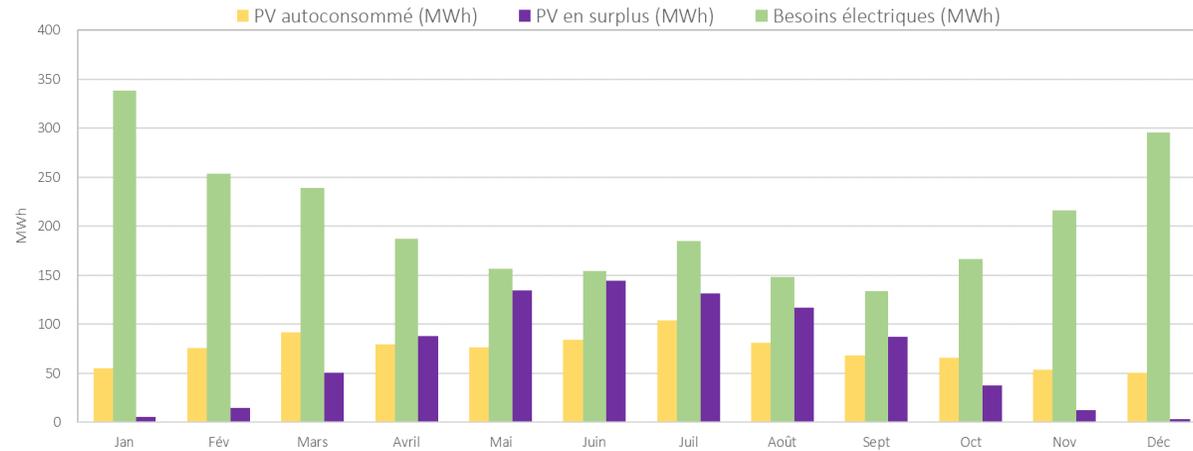
80 %
Réduction des
émissions de CO₂







Immeuble de bureaux - surplus d'énergie renouvelable



Puissance centrale PV	1 232kWc
Production PV	1 665 MWh/an
Consommation électrique	2 472 MWh/an
Production PV/Consommation électrique	67 %
Taux d'autoconsommation	53 %
kWh autoconsommés	882 MWh/an
% de production PV à stocker	47 %
Surplus à stocker	785 MWh

Merci pour votre attention.

Sylfen 

