



ArcelorMittal

# Projet VALORCO

VALOrisation et Réduction des émissions de CO<sub>2</sub> en industrie

Journée Promotion Procédés Produits

« Du captage aux procédés de valorisation du CO<sub>2</sub> »

Jeudi 26 mars 2015, ENSIC, Nancy



ArcelorMittal

## Un problème général...

- Changement climatique
- Baisse des ressources naturelles
- Accroissement des besoins en énergie - Stockage



## ... qui constitue un challenge global

- ✓ Découpler croissance économique et consommation des ressources naturelles
- ✓ Proposer des matières premières alternatives





ArcelorMittal

## Chez ArcelorMittal...

Pour répondre au problème général, plusieurs objectifs identifiés

1. Les économies d'énergie
2. Les améliorations des process
3. Le développements de process connexes

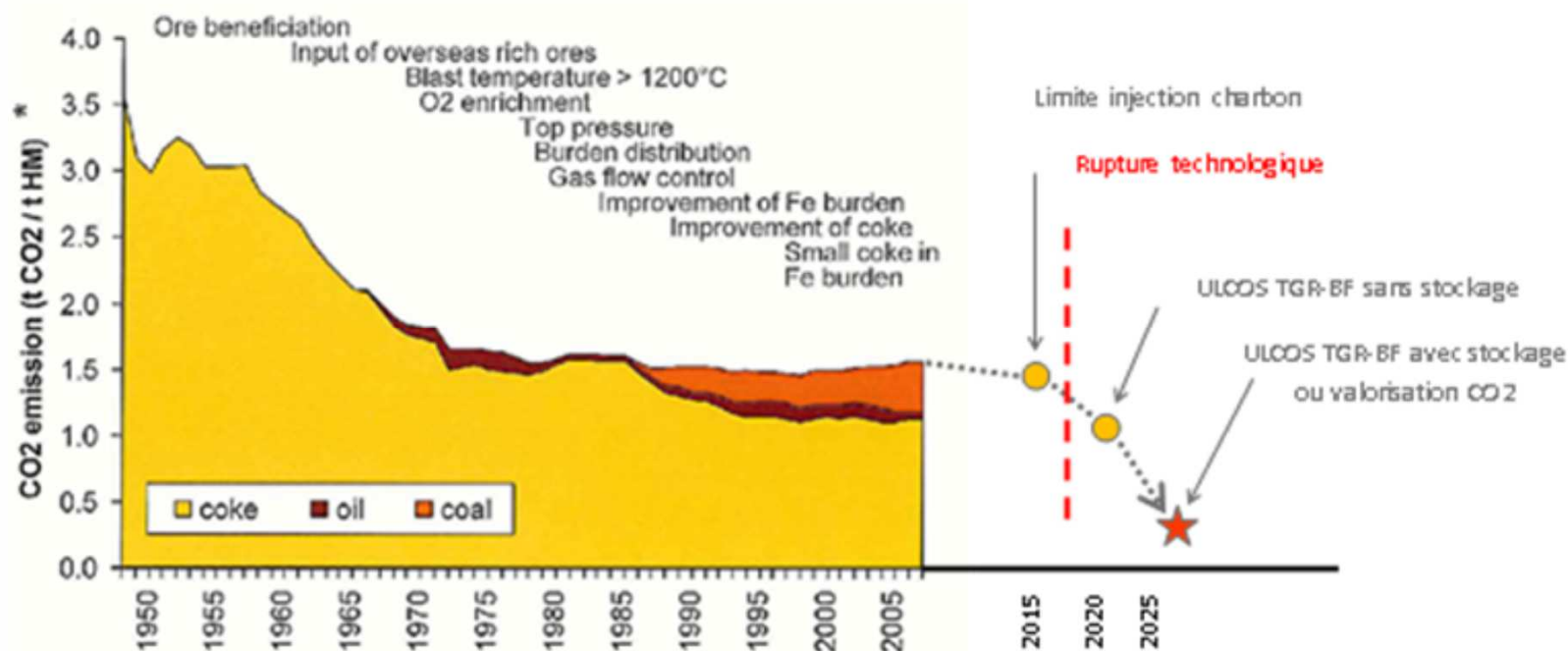
### Deux principes:

- **Eviter les émissions de CO<sub>2</sub> avant de penser à les réutiliser ou à les stocker**
- **Assurer un impact positif pour l'entreprise**

Différents projets plus ou moins connus ont vus le jour

1. **Projet ULCOS** (Nouveaux process en rupture, baisse des consommations, stockage CO<sub>2</sub>)
2. **Projet Energize** (Audit de toutes les installations dans le but d'économiser de l'énergie)
3. ... et aujourd'hui, le projet **Valorco** (réutilisation du CO<sub>2</sub>, matière première alternative)

## VALORCO – Des objectifs ambitieux



### Objectifs :

- Trouver ou développer une ou des voies de valorisation ou de réduction du CO<sub>2</sub>
- En établir la ou les viabilités économiques
- Mettre en œuvre le ou les procédés ainsi évalués

## VALORCO – Un projet multidisciplinaire...



## ...accompagné par l'état français...



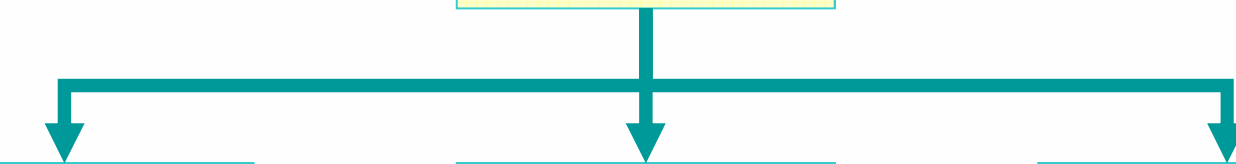
## ...et coordonné par ArcelorMittal



# VALORCO – Des voies de recherche diversifiées



## VALORCO



### Lot 1 Valorisation du CO<sub>2</sub>

<b>Tâche 1.1</b>	<b>Etude Technologies de Séparation / Purification</b> A : Séparation B : Filtration
<b>Tâche 1.2</b>	<b>Enrichissement en CO<sub>2</sub> par recyclage des fumées de combustion</b>
<b>Tâche 1.3</b>	<b>Etude de carbonatation minérale</b> A : Carbonatation B : Procédés de Séparation
<b>Tâche 1.4</b>	<b>Etude de Fermentation</b>
<b>Tâche 1.5</b>	<b>Captation de CO<sub>2</sub> par intensification de méthanisation</b>
<b>Tâche 1.6</b>	<b>Etude de valorisation du CO<sub>2</sub> à partir de la Thermochimie</b>
<b>Tâche 1.7</b>	<b>Etude de valorisation du CO<sub>2</sub> à partir de l'électrochimie</b>

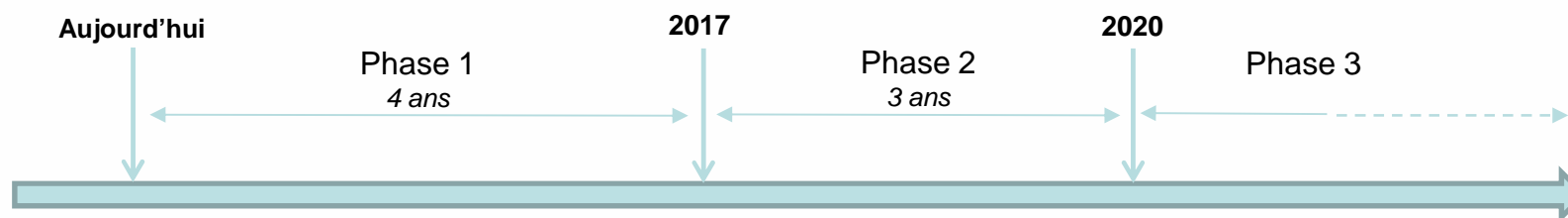
### Lot 2 Alternative au Carbone

<b>Tâche 2.1</b>	<b>Les gaz réducteurs</b> A : La réduction directe B : Disponibilité en gaz réducteurs alternatifs
<b>Tâche 2.2</b>	<b>L'électrolyse</b> A : Procédé alcalin à basse température B : Procédé à haute température

### Lot 3 Intégration Industrielle

<b>Tâche 3.1</b>	<b>Intégration des résultats</b> Evaluation économique, Faisabilité technique industrielle
------------------	--

# VALORCO – Un projet complet



**Phase 1: Développement laboratoire**  
Recherche fondamentale

- Sélection des technologies
- Besoins du process
- Bilan matière et énergie
- Etude technico économique
- Engineering du pilote



Laboratoire

**Phase 2: Pilote Industriel**  
Recherche Industrielle

- Technologie(s) sélectionnée(s)
- Conditions du process
- Conséquences
- Conditions de l'upscaling



Pilote

**Phase 3: Démonstrateur**  
Développement Industriel

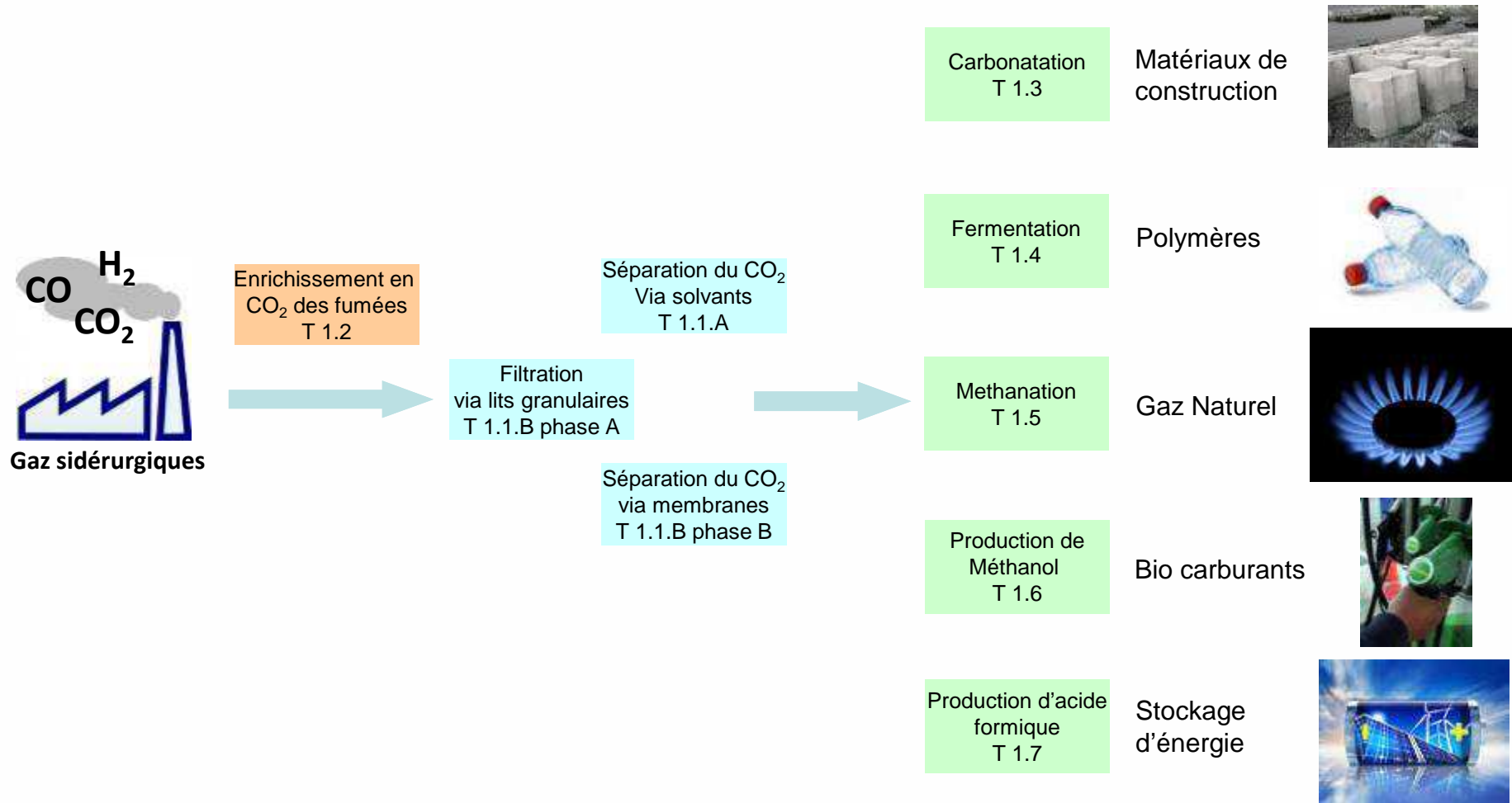
- Fiabilité et robustesse
- Variations de process
- Optimisations
- Conception d'une installation commerciale



Démonstrateur

# VALORCO, un projet cohérent

## Lot 1 – Valorisation du CO<sub>2</sub>



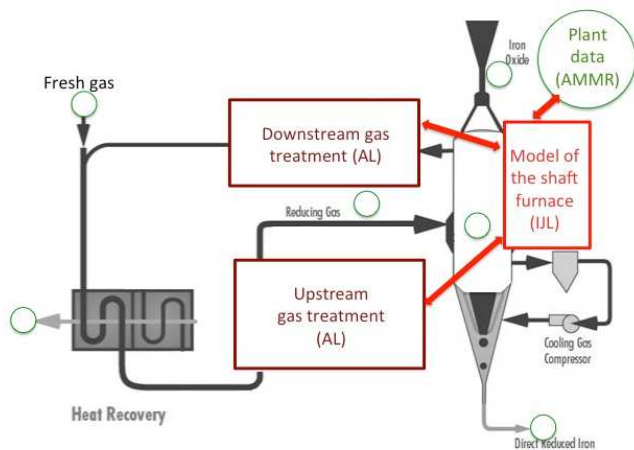




ArcelorMittal

# VALORCO

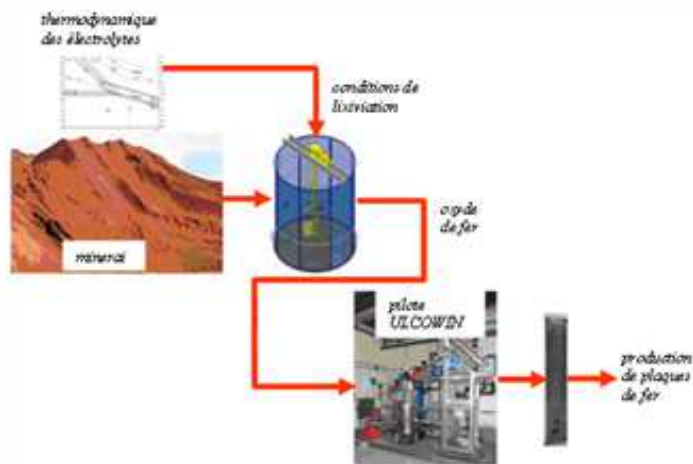
## Lot 2 - Alternative au Carbone



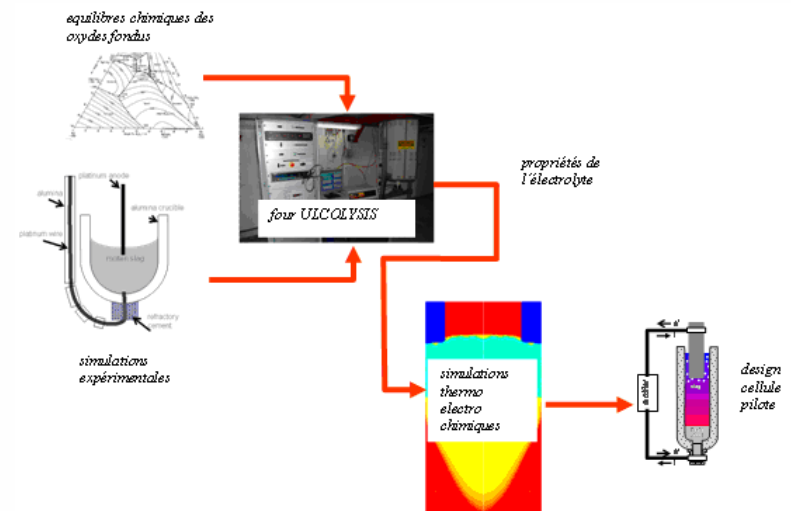
- ❖ Modélisation pour simuler et optimiser les procédés de réduction directe
- ⇒ Optimisations énergétiques et environnementales
- ❖ Analyse prospective sur la valorisation des ressources non conventionnelles

### Electrolyses à basse et haute température : faisabilité, développement et performances

#### Ulcowin



#### Ulcophys

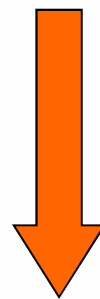


# VALORCO

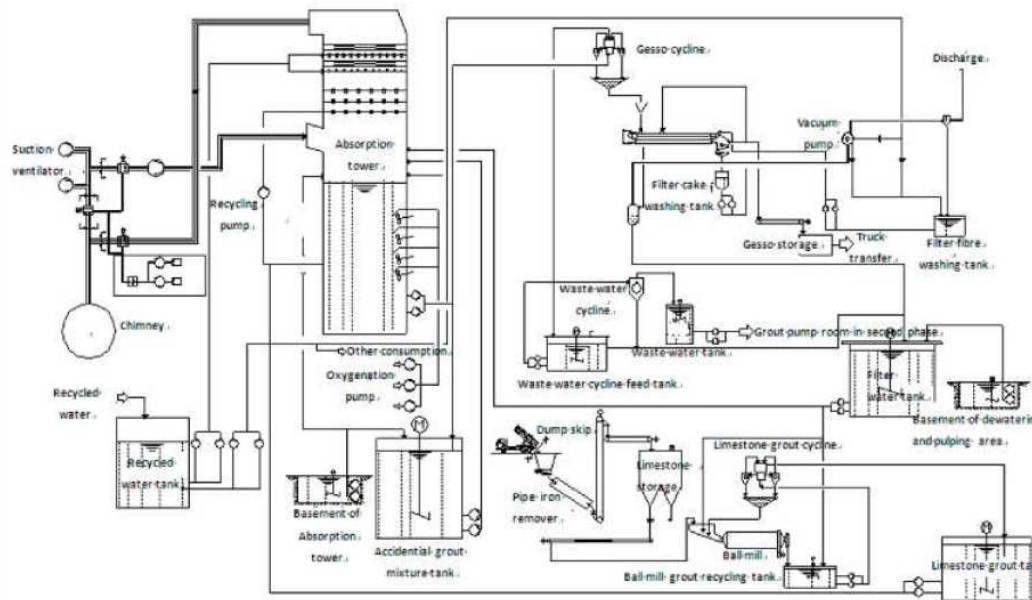


## Lot 3 – Intégration Industrielle

Procédés à faisabilité et viabilité économique prouvées



Engineering





ArcelorMittal

# VALORCO – L'usine du futur



Gaz issus des process CO / H<sub>2</sub> / CO<sub>2</sub>



Séparation

Compression

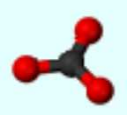
Méthanation

Purification

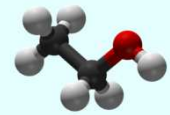
Fermentation

Distillation

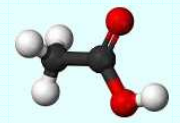
Privé, Synergie locale



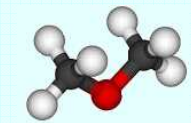
Carbonate



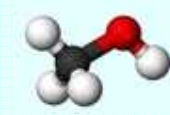
Ethanol



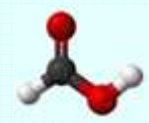
Acide Acétique



Diméthyle éther



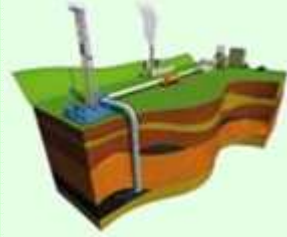
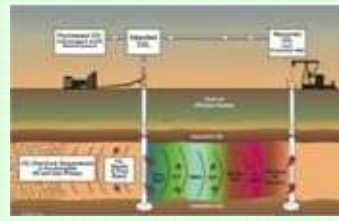
Méthanol



Acide Formique

Publique Synergie (inter)nationale

EOR



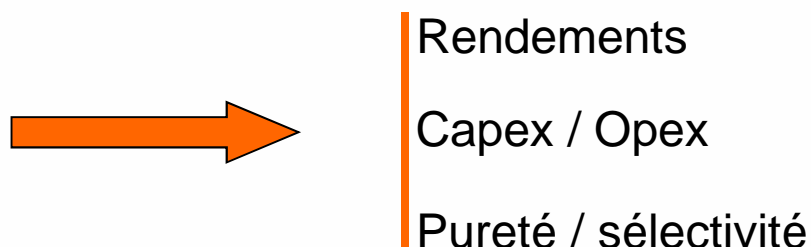
CCS



## Tâche 1.1 Etudes Technologies de séparation et filtration

La première étape consiste à obtenir des gaz valorisables plus ou moins purs et plus ou moins propres pour les procédés aval

Etape primordiale qui va impacter grandement la rentabilité de quelque filière de valorisation que ce soit



Etudes portent sur les différentes voies de filtration / séparation du CO<sub>2</sub> :

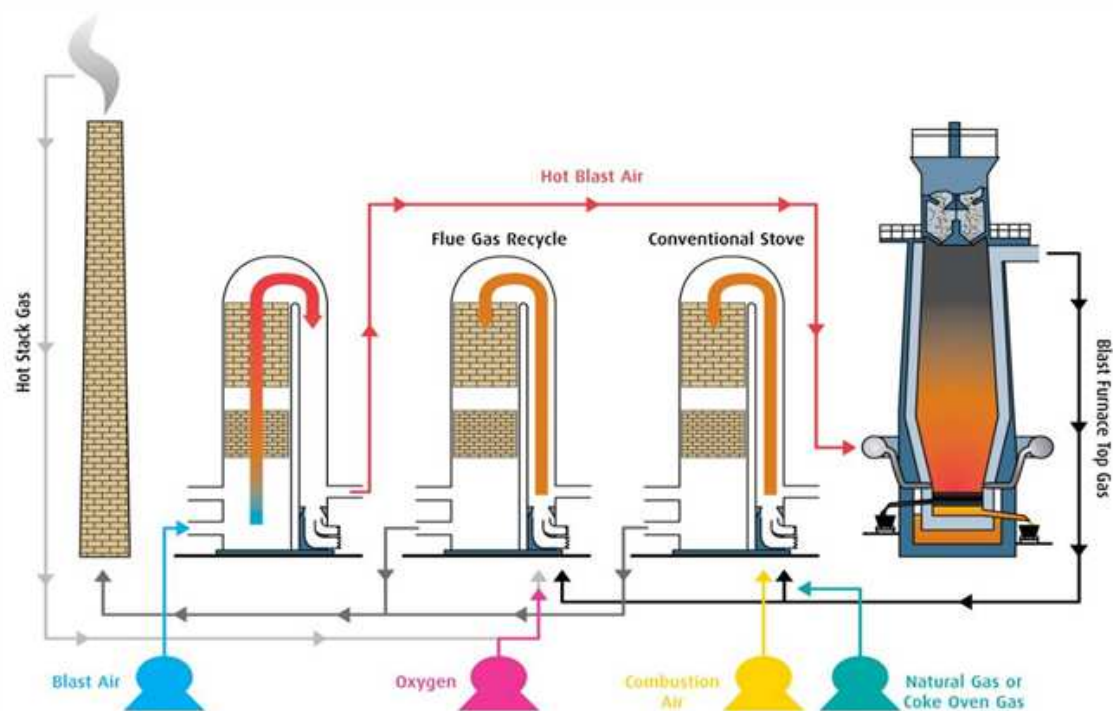
- Solvants
- Membranes
- Lits granulaires



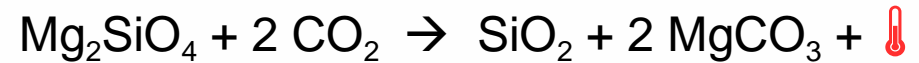
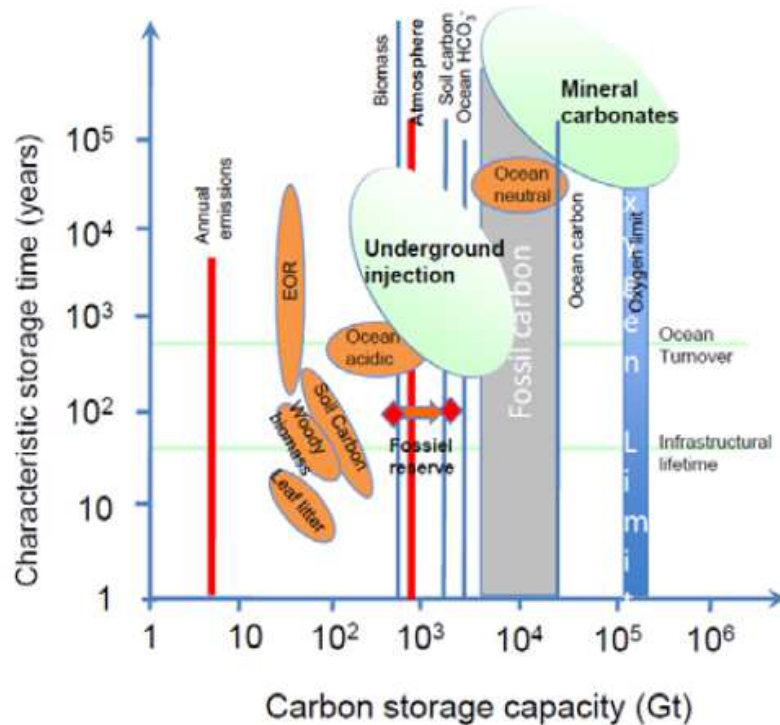
## Tâche 1.2 Enrichissement en CO<sub>2</sub> des fumées

Concentration du CO<sub>2</sub> dans les fumées de Haut-Fourneaux avec utilisation d'oxygène pour le chauffage des gaz dans les cowpers

Facilite la récupération du CO<sub>2</sub> (concentration doublée) et économiquement intéressant en soi



## Tâche 1.3 Carbonatation minérale et Séparation des constituants valorisables



Permet une séquestration en grande quantité  
avec des taux de carbonatation élevés

La séparation des constituants valorisables répond également à  
l'objectif de rentabilité du processus

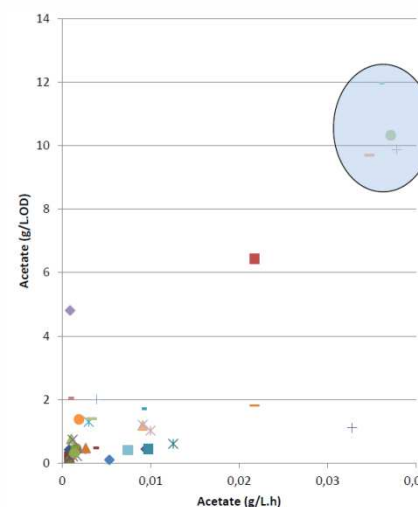


ArcelorMittal

## Tâche 1.4 Etude de fermentation

Les bactéries au travail !

Tri des souches les plus prometteuses en termes de production d'acétate



Stade Pilote



Passage au stade pilote pour la souche la plus productive

## Tâche 1.5 Captation CO<sub>2</sub> par intensification de méthanisation

### Proposer un procédé biologique d'intensification de la production de méthane

- par l'utilisation de CO<sub>2</sub> et d'H<sub>2</sub> issus des cokeries d'ArcelorMittal.
- par l'utilisation de CO<sub>2</sub> issu des cokeries d'ArcelorMittal et de bio H<sub>2</sub>

Valorisation de  
Substrats gazeux  
(CO, CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>)



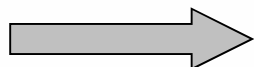
Intensification  
de la production  
de CH<sub>4</sub>





## Tâche 1.6 Valorisation du CO<sub>2</sub> par la thermochimie

Déterminer les process les plus prometteurs en termes économiques pour valoriser des gaz enrichis en CO<sub>2</sub> provenant de Ht-Fourneaux, de convertisseurs ou de cockeries



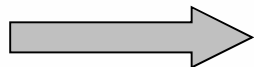
Déterminer toutes les voies de valorisation possibles



Analyser les process et les évaluer



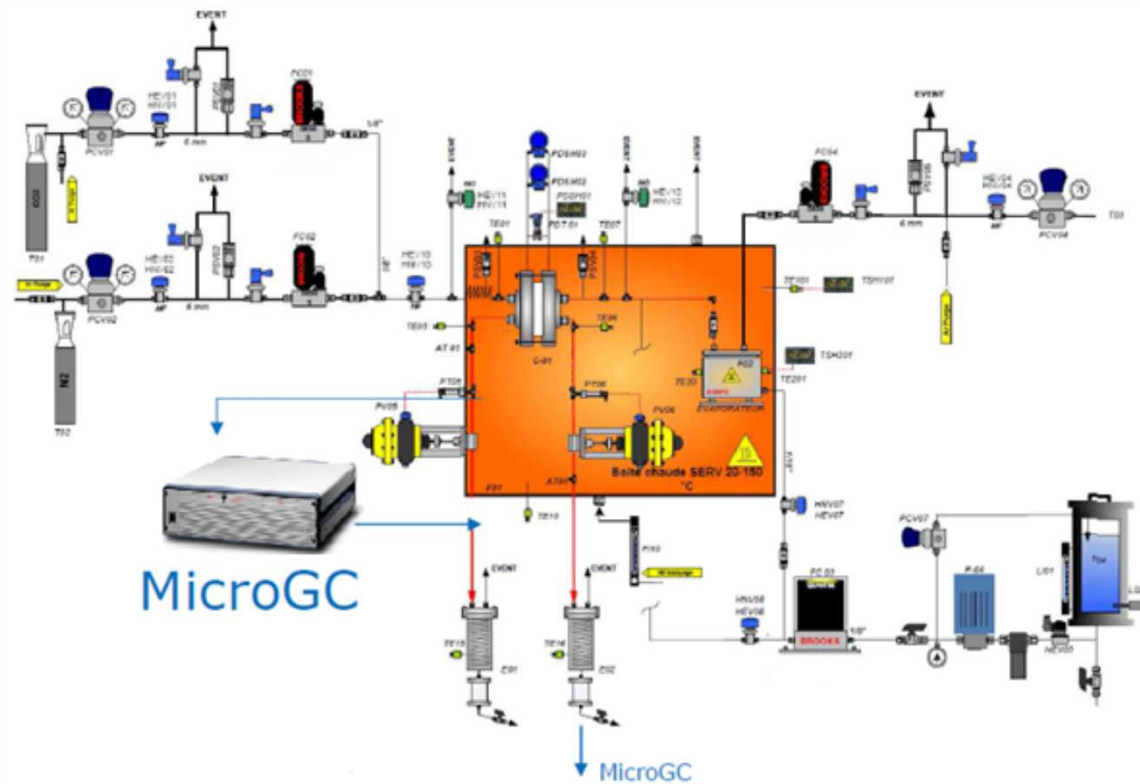
Eliminer les voies présentant des « road blocks »



Identifier le process le plus « rentable » et passer au stade pilote

# Tâche 1.7 Valorisation du CO2 par l'électrochimie

Transformation du CO<sub>2</sub> en acide formique par électro-réduction en phase gaz



## Tâche 2.1 La réduction directe

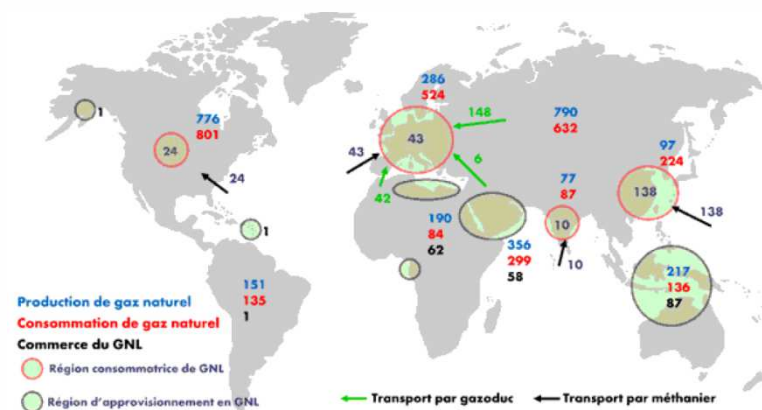
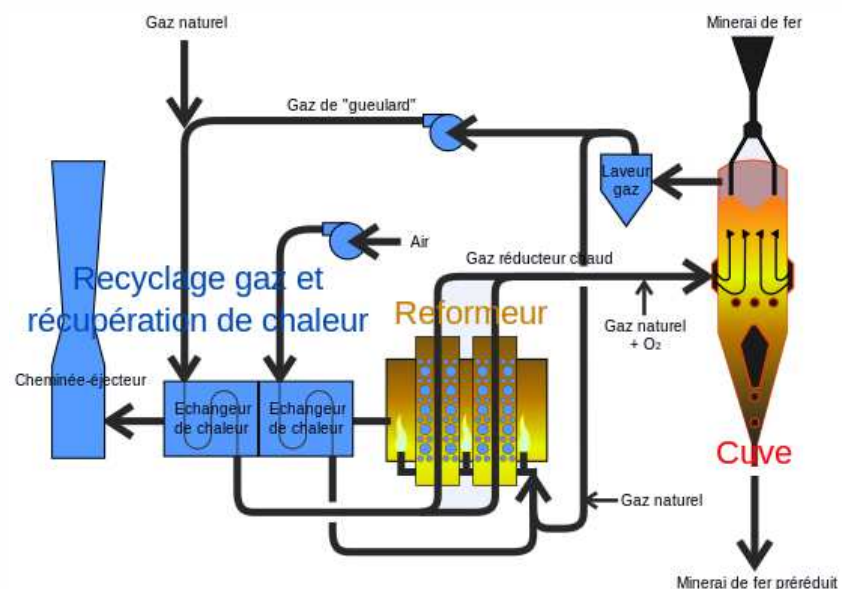
### La réduction directe

Modélisation du procédé pour ainsi pouvoir simuler l'utilisation de différents gaz : gaz naturel, de four à coke, de houille, de schiste, avec ou sans prétraitement.

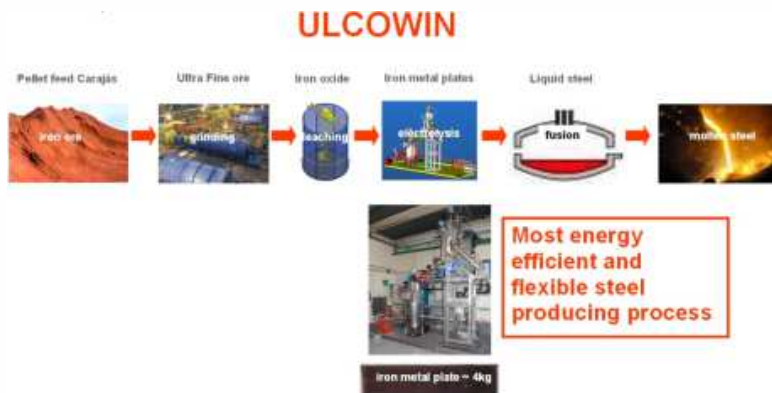
Validation des résultats avec des mesures effectuées sur site

### Disponibilité en gaz réducteur

L'objectif de cette tâche est de caractériser les conditions d'approvisionnement de la sidérurgie en Europe en gaz réducteur, sous les aspects de disponibilité en quantité et en prix, et sous différentes hypothèses de mobilisation des sources de gaz non conventionnels et de politiques de réduction des émissions de GES

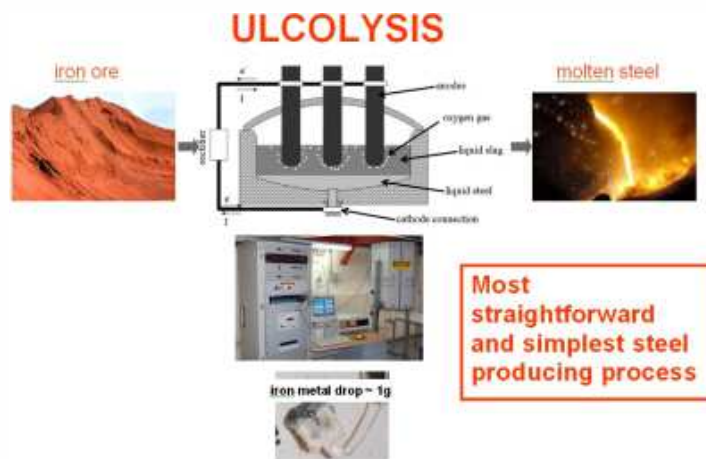


## Tâche 2.2 L'électrolyse – Procédés en rupture



Avantages et inconvénients de l'électrolyse à basse température dans la fabrication de l'acier. Essais et mesures à l'échelle laboratoire qui permettront également de déterminer la faisabilité de ce type de procédé au niveau pilote puis industriel.

↳ L'objectif est d'établir une filière complète du minerai jusqu'à l'acier liquide validant l'intérêt énergétique et environnemental du procédé



Avantages et inconvénients de l'électrolyse à haute température dans la fabrication de l'acier. Essais et mesures à l'échelle laboratoire qui permettront également de déterminer la faisabilité de ce type de procédé au niveau pilote puis industriel.

↳ Le principal objectif est de proposer à la fin du projet un concept de cellule d'électrolyse de taille pilote capable de fonctionner en continue en produisant du fer liquide et de l'oxygène gazeux



ArcelorMittal

## « Concurrents » à VALORCO – Au niveau Européen

### **En Europe, l'Allemagne:**

Même si dans tous les pays il y a une recherche sur la valorisation du CO<sub>2</sub>; en Allemagne les objectifs sont très précis et les ordres de grandeur sont toutes autres

- Valorisation étendue du CO<sub>2</sub>
- Stockage d'énergie
- Réduction des émissions de CO<sub>2</sub>

### **Les moyens:**

Sur 2009 – 2016, approximativement 100 M€ de subventions publiques ont été engagés ainsi que 50 M€ provenant de l'industrie privée

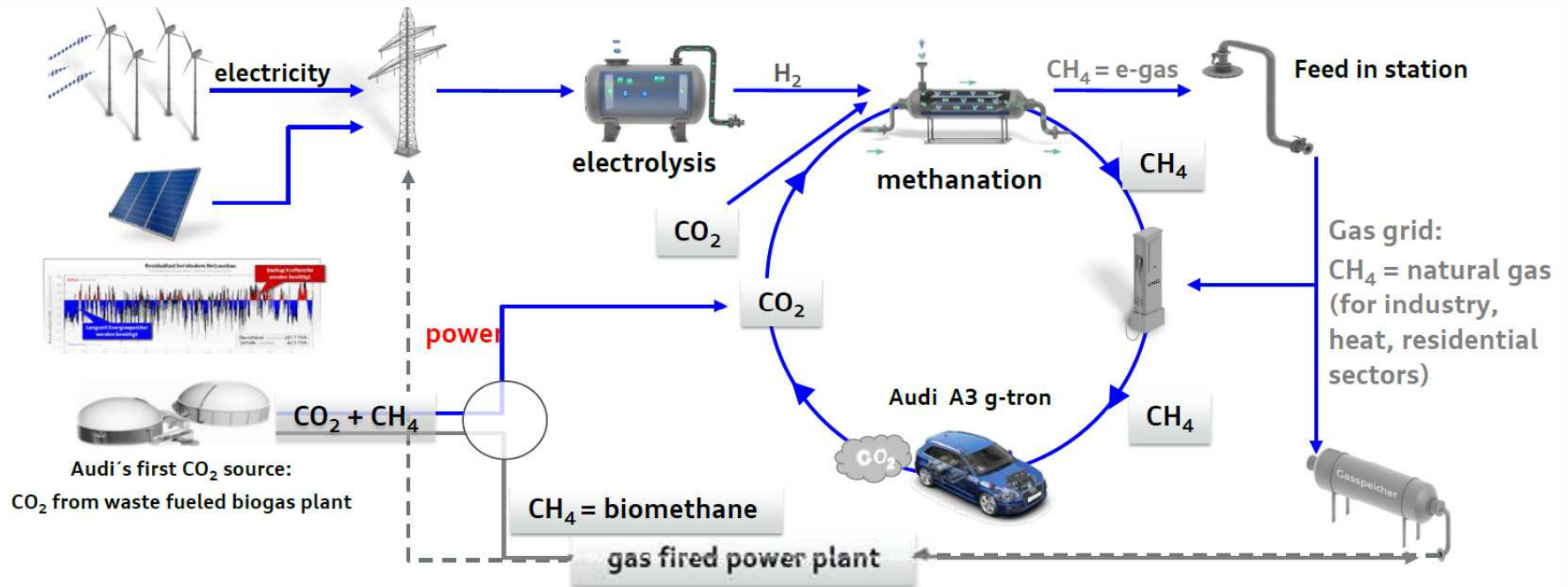
### **Les résultats**

33 projets collaboratifs et plus de 150 projets individuels

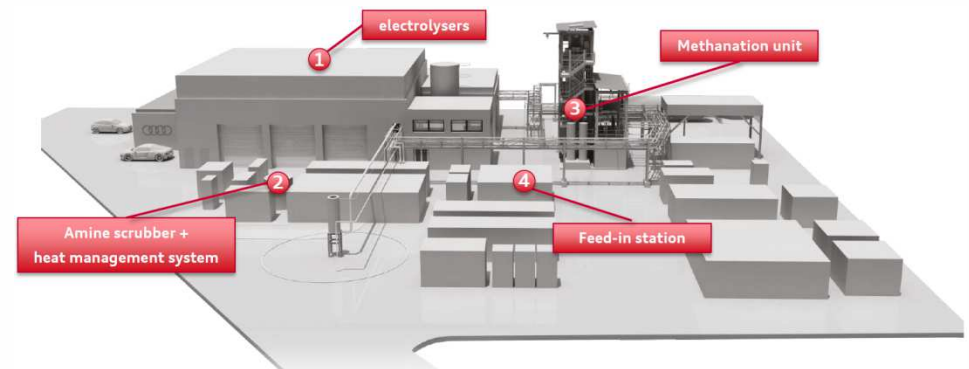
Aujourd'hui, l'accent est mis sur le passage des développements en laboratoire vers les pilotes industriels.

Des exemples importants: Audi et Sunfire, entre autres...

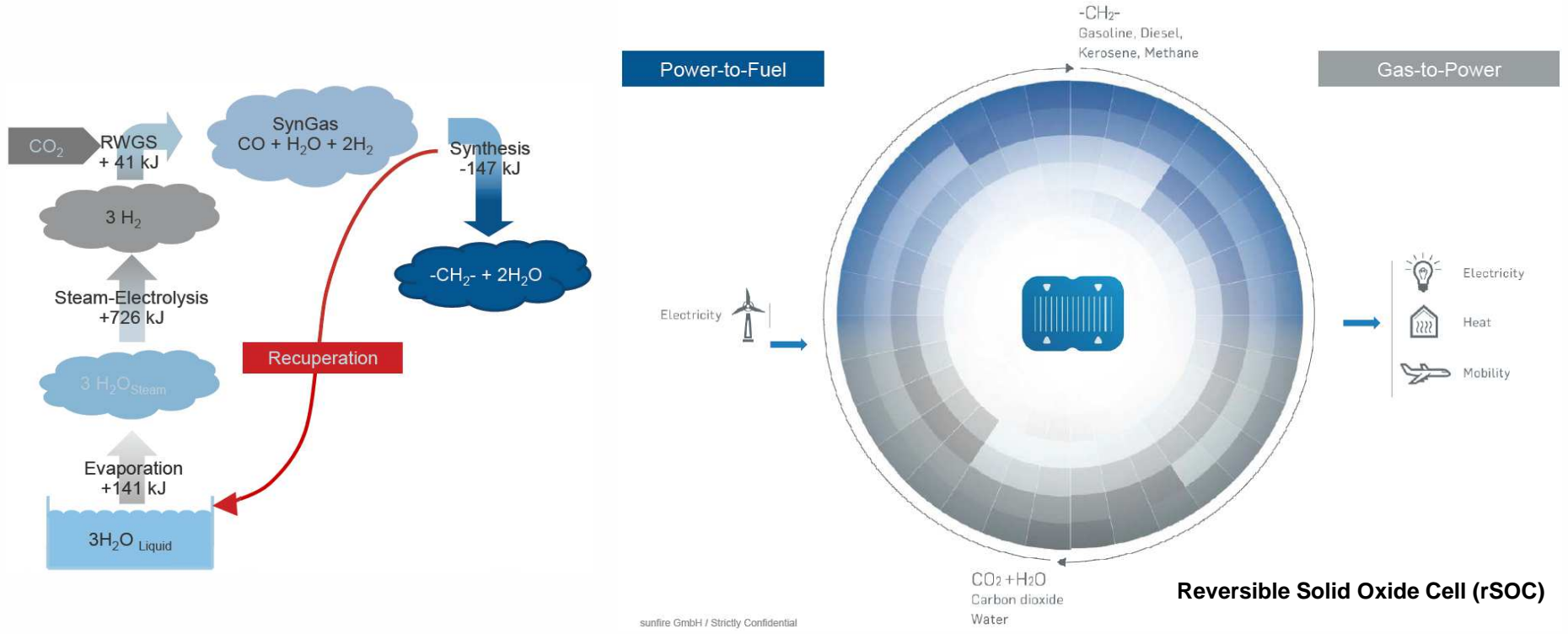
# Développement Audi



Intégration du process effectué dans une usine pilote en fonction depuis 2014, à Wertle, en Allemagne



# Développement Sunfire



sunfire GmbH / Strictly Confidential

Intégration du process effectué dans un pilote en fonction depuis fin 2014





**Merci pour votre attention !**

**Des questions ?**