IMT Mines Albi-Carmaux
École Mines-Télécom

INSTITUT CARNOT M.I.N.E.S

H2MINES

PRODUCTION ET UTILISATION DE L'HYDROGÈNE RENOUVELABLE PAR LA CONVERSION THERMOCHIMIQUE DE BIORESSOURCES

CENTRE RAPSODEE
UMR CNRS 5302, IMT MINES ALBI

Maria GONZALEZ MARTINEZ
Javier ESCUDERO SANZ
Christophe COQUELET
Doan PHAM MINH

Journée industrielle H2MINES - *Fontainebleau, 29/03/2023*

Entre 90 et 100 Personnes

Permanents (54)

35 Enseignants-chercheurs et chercheurs
3 Ingénieurs de recherche et développement
2 Ingénieurs d'étude
11 Techniciens
3 Personnels administratifs

Contractuels (39)

3 Post-doctorants

36 Doctorants :

- 1/3 contrats industriels directs (CIFRE, CFR Armines), CARNOT
- 2/3 allocations EPA, Région, MESR, ANR, contrat européen
- Co-tutelle (Brésil (2), Canada (1), Inde (1))

CENTRE DE FORMATION ET DE RECHERCHE
RAPSODEE UMR CNRS 5302 IMT MINES ALBI/CNRS

GROUPE EE :
GÉNÉRATION DE VECTEURS ÉNERGÉTIQUES ET MATÉRIAUX FONCTIONNELS À PARTIR DE BIOMASSE ET DE RÉSIDUS

GROUPE PP :
SOLIDES À PROPRIÉTÉS FONCTIONNELLES ET PROCÉDÉS

2 GROUPES

MATEE - MATÉRIAUX FONCTIONNELS POUR L'ÉNERGIE ET L'ENVIRONNEMENT (C. COQUELET)

VERSO - VECTEURS ENERGÉTIQUES RENOUVELABLES : APPROCHES STATISTIQUES ET EXPÉRIMENTALES (M. EL HAFI)

PRODIGES - PROCÉDÉS DURABLES ET INNOVANTS DE GÉNÉRATION ET D'ÉLABORATION DU SOLIDE (M. SAUCEAU)

SD2P – SOLIDES DIVISES, PROCEDES, PRODUITS (M. MICHRAFY)

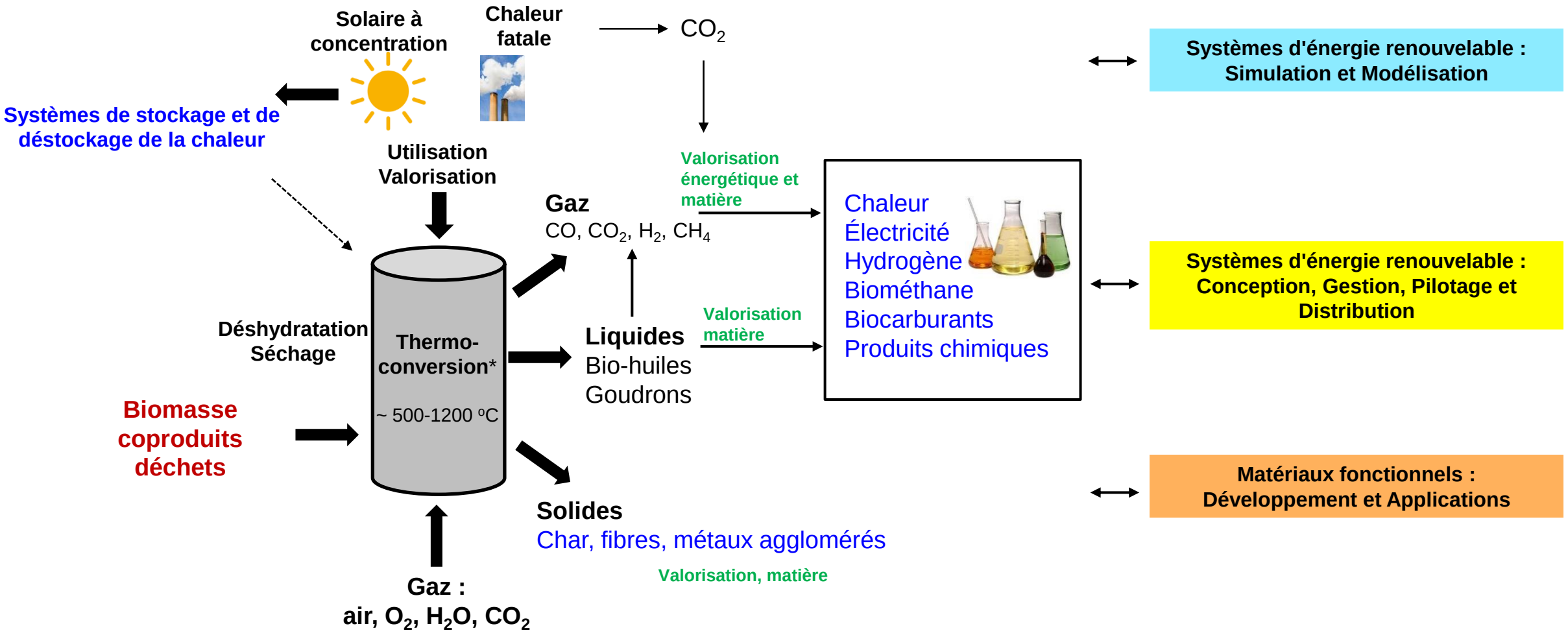
4 SOUS-GROUPES

Plateforme de recherche et d'innovation VALTHERA

Plateforme gala

2 PLATEFORMES TECHNOLOGIQUES

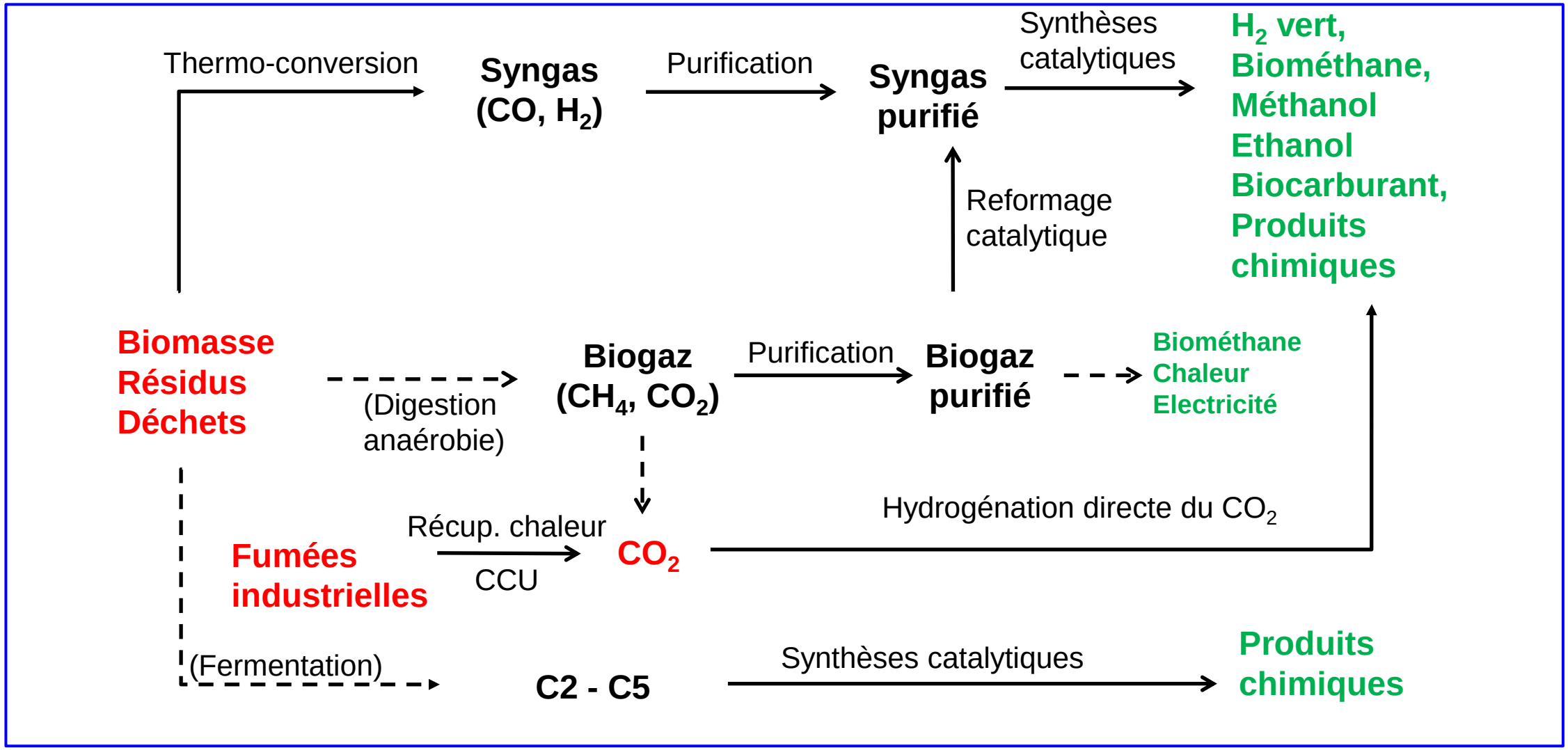
GROUPE EE : GÉNÉRATION DE VECTEURS ÉNERGÉTIQUES ET MATÉRIAUX FONCTIONNELS À PARTIR DE BIOMASSE ET DE RÉSIDUS



Thermoconversion* : torréfaction, pyrolyse, gazéification, combustion, liquéfaction

Contacts : Mouna.Elhafi@mines-albi.fr, Christophe.Coquelet@mines-albi.fr, Doan.Phamminh@mines-albi.fr

VALORISATION DE BIORESSOURCES : ACTIVITÉS



Pas de travaux

Recherche récente / en cours

SYNGAS : PRODUCTION *VIA* THERMOCONVERSION ET PURIFICATION

Projet Vérité : valorisation énergétique de biomasses agricoles

Technologies :
- Combustion en chaudière à grille
- Gazéification en lit fixe co-courant

Matières :
- Canne de Maïs
- Sarments de vigne
- Ceps de vigne

Mise en forme :
- Déchiquetage / Criblage
- Broyage / Granulation
- Broyage / Mini-buchettes

Lit fixe co-courant
(GasClean – Cogebio)
100kWth entrant
Gazéification à l'air

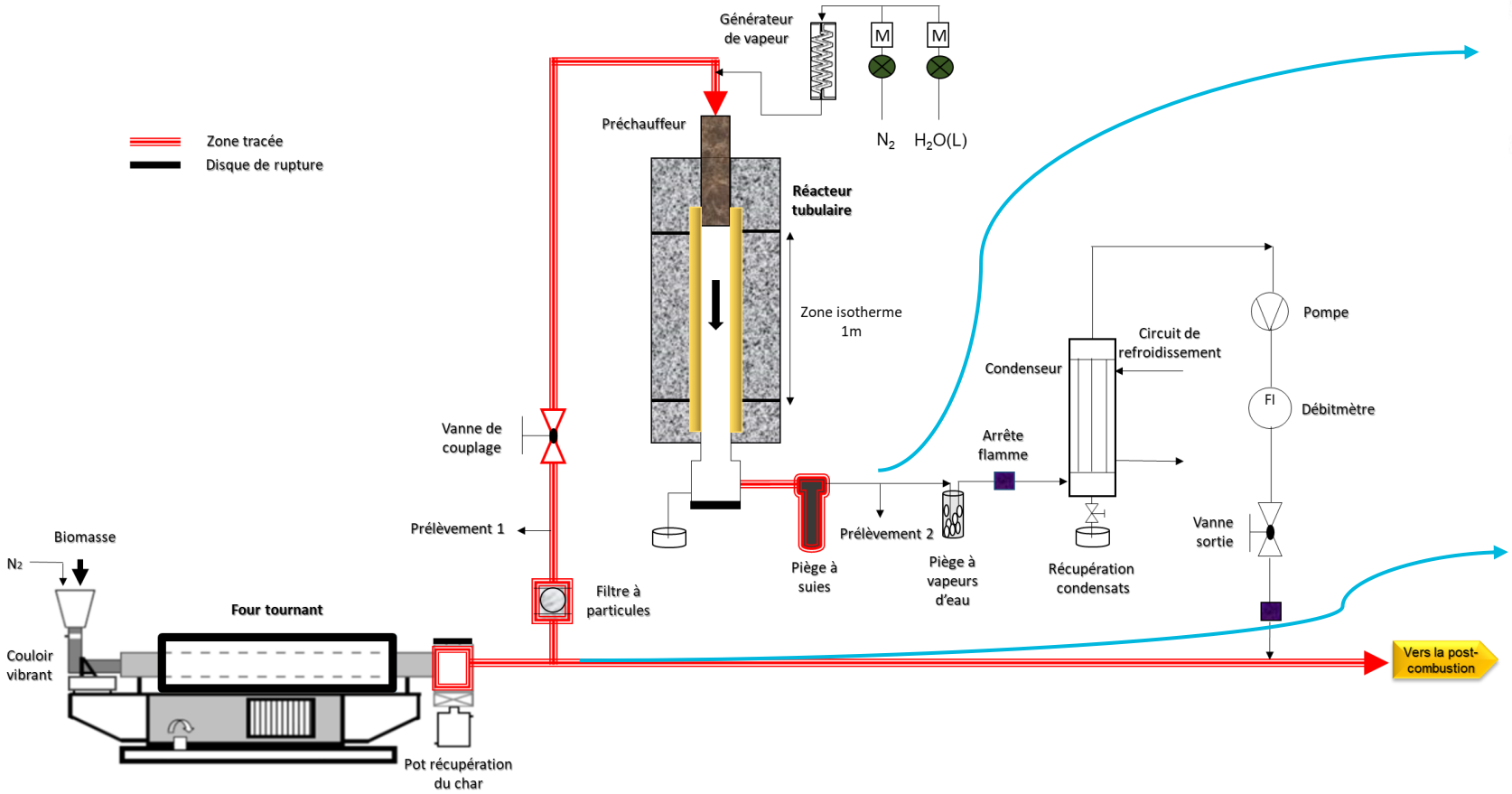
Caractérisation
Procédé:
- Stabilité de fronts
- Perte de charge
- Bilan

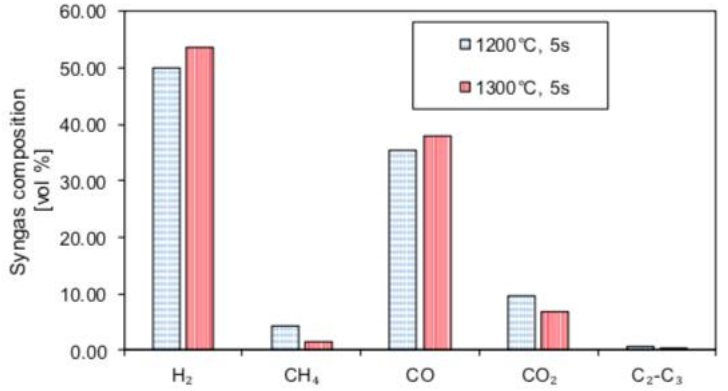
Qualité du gaz:
- Gaz permanents
- Impuretés (goudrons)

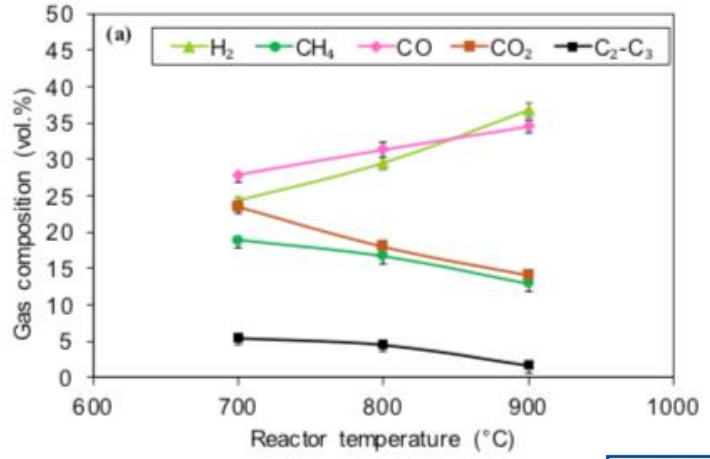
Qualité de la combustion:
- Composition fumées
- Particules

SYNGAS : PRODUCTION *VIA* THERMOCONVERSION ET PURIFICATION

Projet Biosyp : couplage de pyro-gazéification et bio-méthanation







VALTHERA : UNE PLATEFORME TOURNÉE VERS LES GAZ VERTS

Echelle pilote

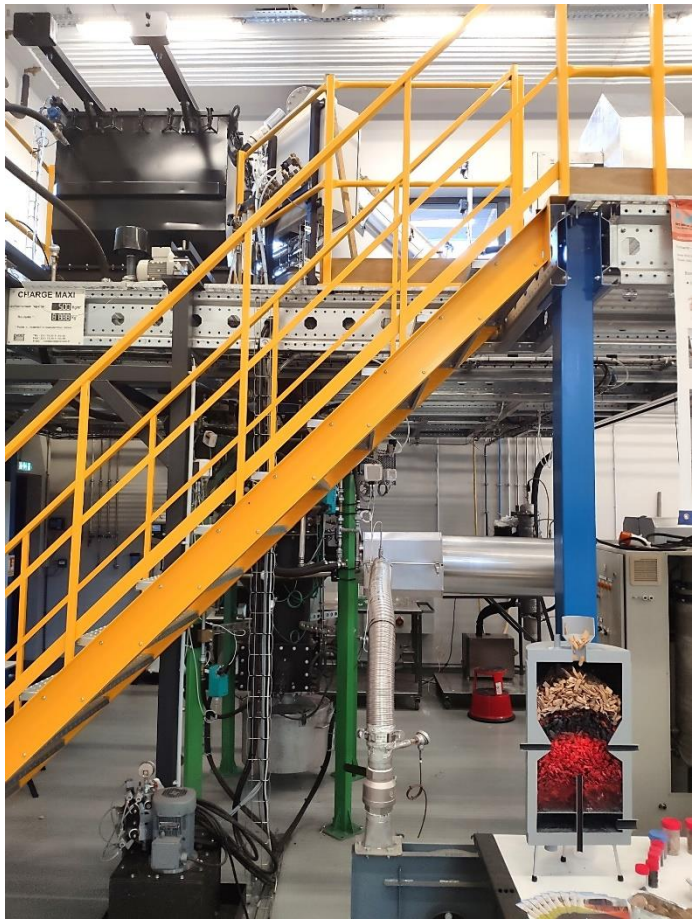
- Lit fixe co-courant (100 kWth)
- Four tournant (30 kWth)
- Lit fixe catalytique

Principaux domaines d'étude

- Syngas sans azote
- Diversification de ressources
- Epuration du syngas
- Méthanation

Autres procédés thermochimiques

- Combustion
- Torréfaction
- Pyrolyse



Plateforme VALTHERA
ZAC du Parc Technopolitain
Albi InnoProd
Chemin de la Teuilière • 81000 ALBI
05 63 49 33 66 / 33 67
valthera@mines-albi.fr
https://valthera.wp.imt.fr

IMT Mines Albi-Carmaux
École Mines-Télécom

PRODUCTION D'HYDROGÈNE VERT À PARTIR DU BIOGAZ

Biomasse Résidus Déchets - - → Biogaz (CH_4, CO_2) → Biogaz purifié —Reformage→ Syngaz purifié —WGS→ H_2, CO_2 —PSA→ H_2 (99,99%)

- **Défi : reformage à la vapeur d'eau (procédé industriel) ⇔ procédé énergivore**
- **Notre concept : procédé de tri-reformage utilisant des nouveaux catalyseurs performants ⇔ optimisation énergétique**

TRM : $aCH_4 + bCO_2 + cH_2O + dO_2 \rightarrow eH_2 + fCO$ $\Delta H < 0$

WGS : $CO + H_2O \rightarrow CO_2 + H_2$ $\Delta H = 42$ kJ/mol

Exemple : VABHYOGAZ (ADEME) :

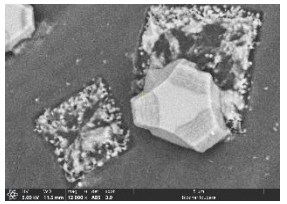
CATALYSEURS ET ADSORBANTS BIOSOURCÉS

Objectif : **Production de catalyseurs biosourcés** pour des procédés environnementaux
(moyens : métaux inhérents, thermoconversion)

Métaux : Ni, Fe,…

Thermoconversion

Catalyseurs et adsorbants biosourcés



MEB biochar de fougère

Catalyseur commercial

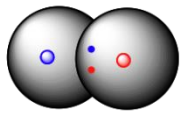
€

Applications :
- **Production d'H_2**
- Production de biocarburants
- Purification syngas, biogas
- Décompostion des polluants (NO_x, COV)

Conditions opératoires :
Vitesse chauffe, température max, gaz et débits, …

Résidu solide : **Biochar**

Utilisation du biochar :
économie circulaire



H_2

NO

N_2O

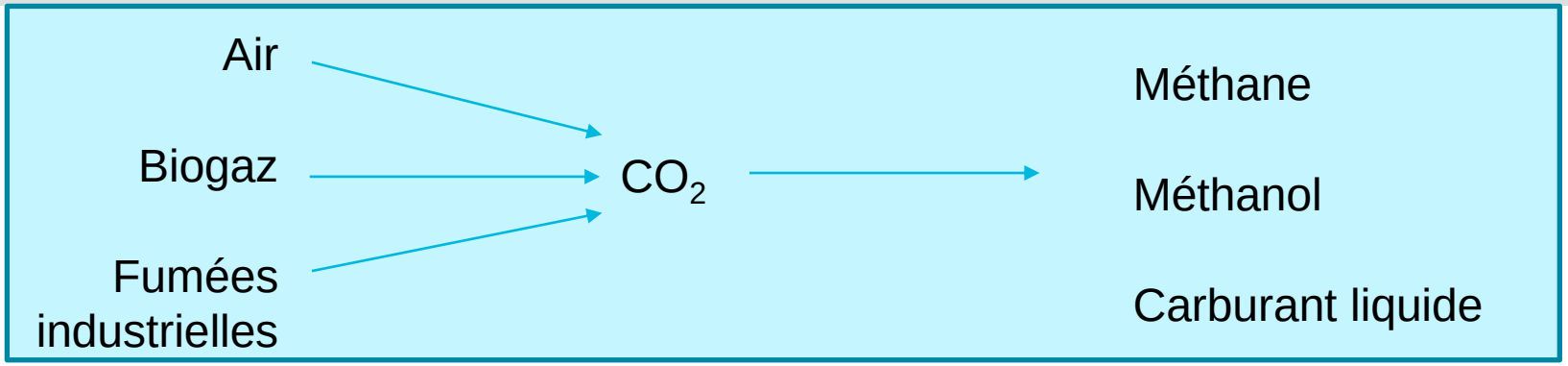
NO_2

IMT Mines Albi-Carmaux
École Mines-Télécom

Ludwig et al. (2017) Chem.

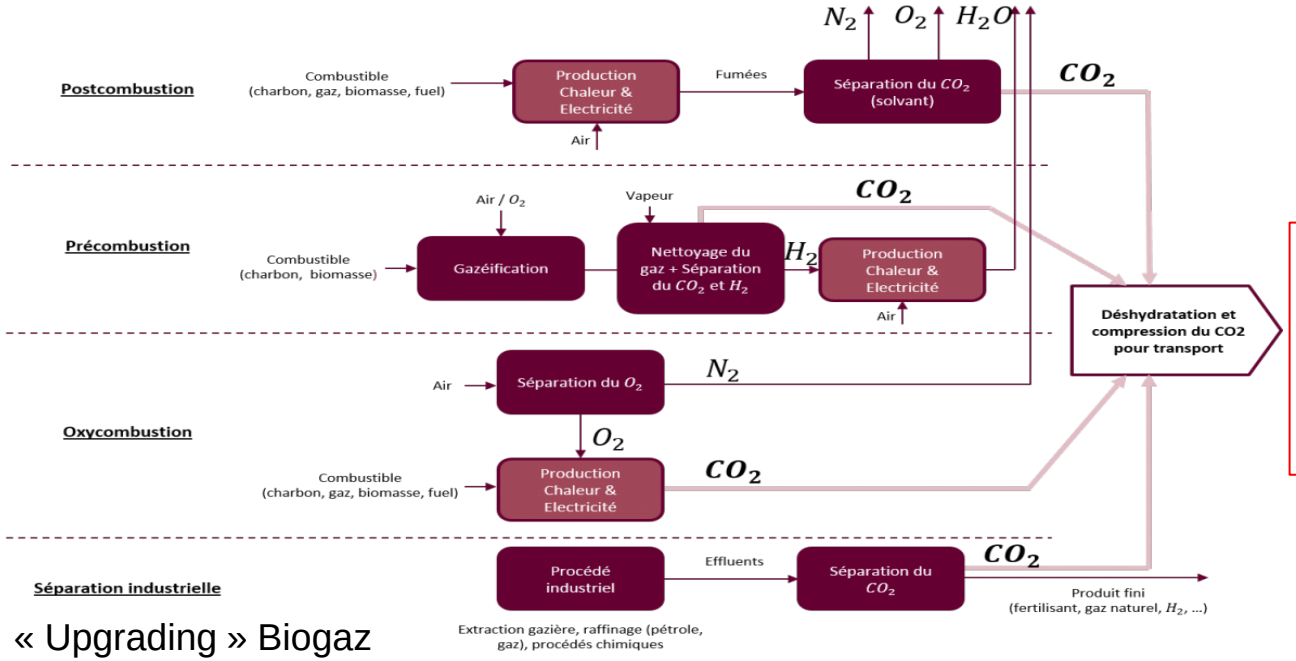
UTILISATION D'HYDROGÈNE : HYDROGÉNATION DU CO_2

Concept



Captage du CO_2

Plusieurs procédés permettent de capter le CO_2 : Postcombustion, Oxycombustion, Précombustion et Séparation industrielle



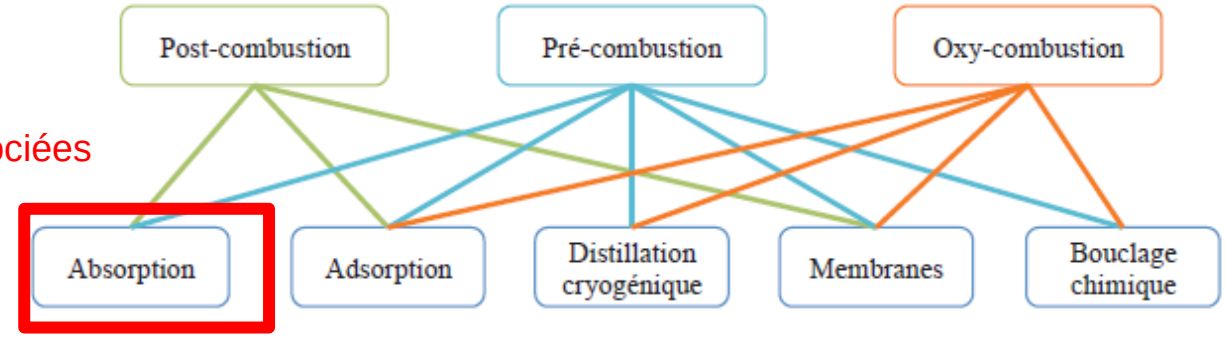
- Différents niveaux de maturités technologiques
- Optimisation fonctionnement (consommation énergétique, impact environnemental)
- Qualité du CO_2 obtenu selon qualité de la source

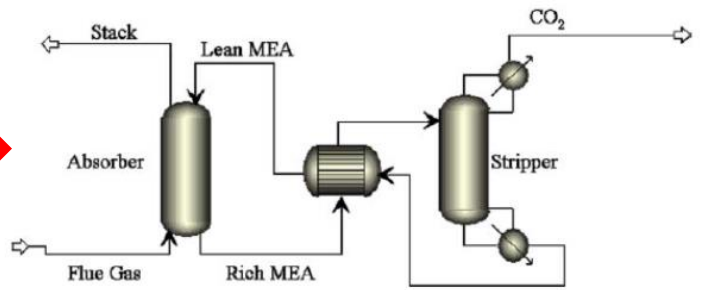
« Upgrading » Biogaz

UTILISATION D'HYDROGÈNE : HYDROGÉNATION DU CO_2

Captage du CO_2

Liste des technologies associées





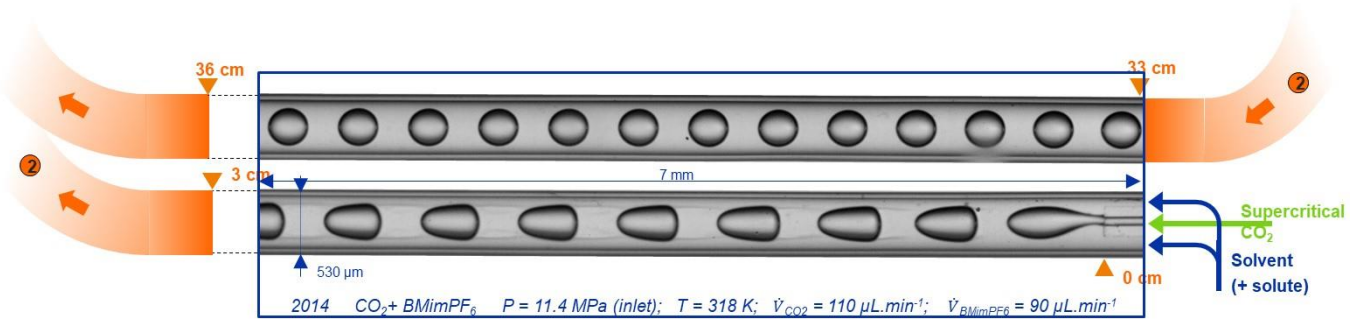
Figueroa et al. (2007)

Absorption Désorption (solvant)

- Screening solvant
- Caractérisation propriétés thermophysiques du solvant, diagramme de phases
- Transfert de matière: étude cinétique
- Simulation de procédés Aspen plus

<u>Outil innovant:</u> microfluidique

- Acquisition données thermodynamiques (équilibre) et cinétiques
- Analyse composition des phases par Raman
- Traitement de l'image
- Mesure des tensions interfaciales (goutte pendante)
- <u>Projet en cours: MIGAL avec Processium</u>

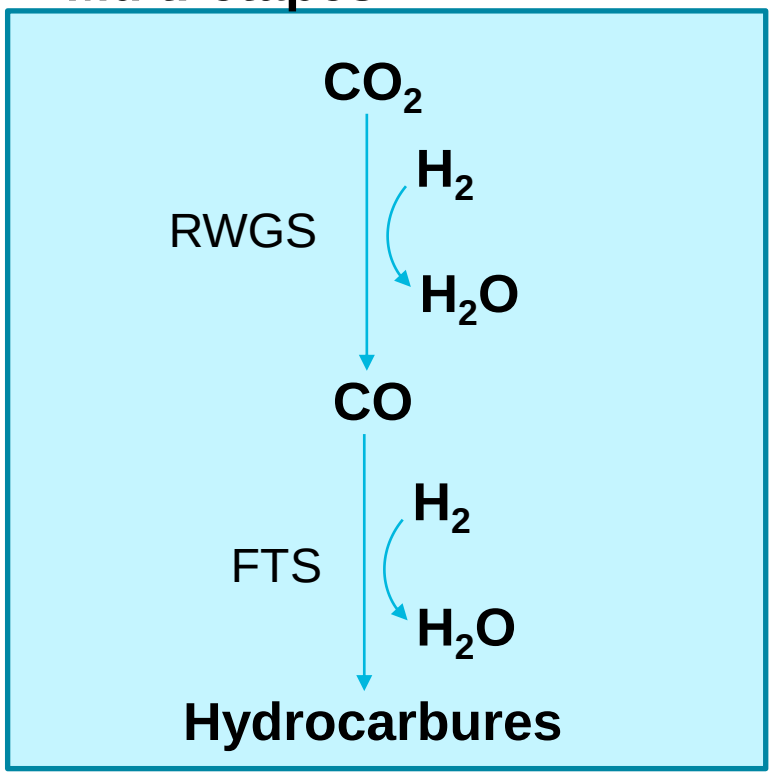


Jean Jacques Letourneau, Thomas Deleau, Julien Brocus, Fabienne Espitalier

$$k_L a_L = \frac{\frac{dC_{CO_2}}{dz}}{U_{TP}\left(C^*_{CO_2} - C_{CO_2}\right)}$$

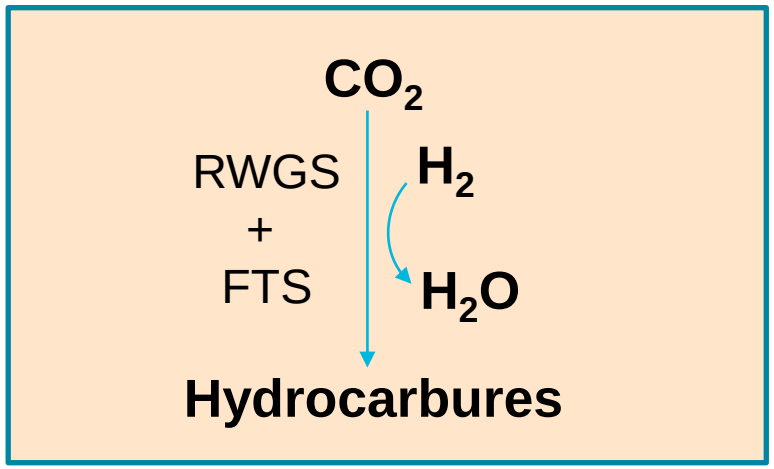
UTILISATION D'HYDROGÈNE : HYDROGÉNATION DU CO_2

Concept industriel actuel : Multi-étapes



- RWGS (Reverse water-gas shift) : généralement à 40-500 °C
- FTS (Fisher-Tropsch synthesis) : généralement 220-250 °C (Co catalysts)

Notre concept : Une seule étape

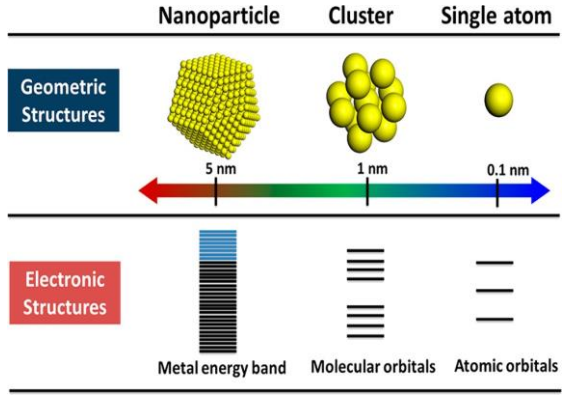


Challenges : Développement d'un tout nouveau catalyseur combinant les propriétés catalytiques nécessaires pour RWGS et FTS, qui est performant à une seule T et une seule P, dans un seul réacteur

Travaux en cours :
L'ingénierie des nanomatériaux : nanoparticules, sub-nanoparticules, atomes isolés des catalyseurs pluri-métalliques

Avancement :

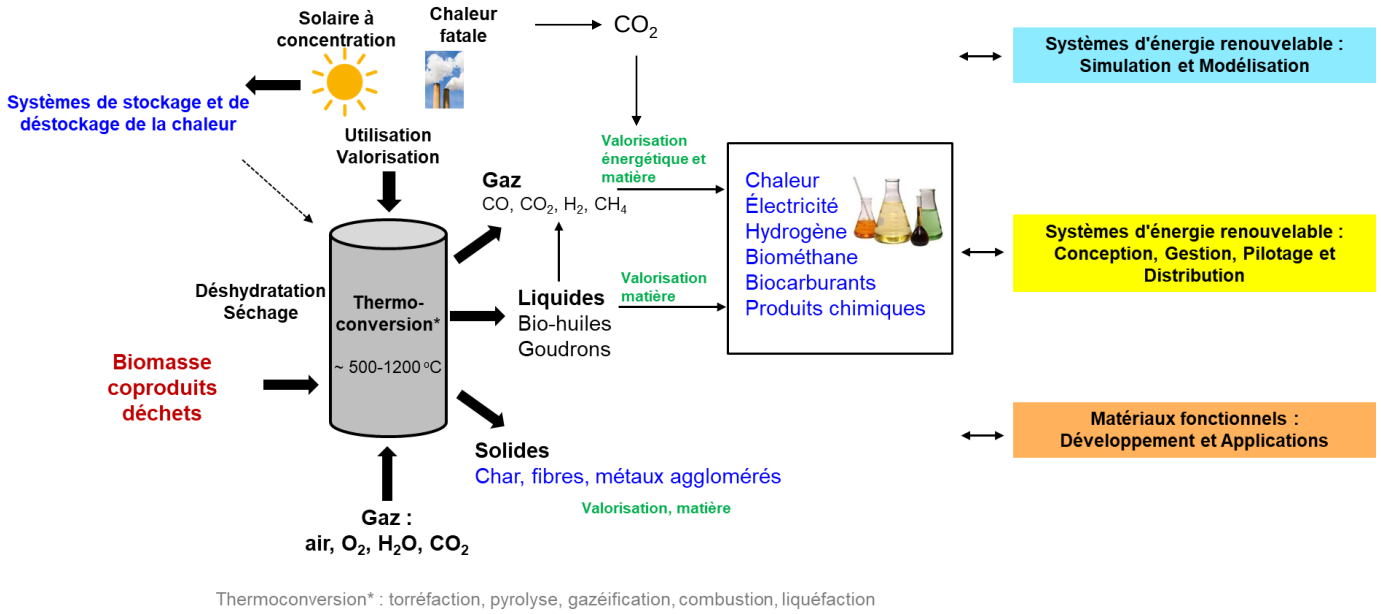
- Methanation catalytique : prêt à déployer à TRL > 4
- Production de C_{5+} : résultats prometteurs (*i.e.* 50% conversion, 40% sélectivité en C_{5+}), TRL 3. TRL 5 à venir



Chem. Rev. ***2018***, 118, 10, 4981–5079

Centre RAPSODEE (IMT Mines Albi) :

- Production d'H_2 par thermoconversion
- Purification biogaz/syngas
- Utilisation d'H_2 dans :
  - Fisher-Tropsch Synthesis (FTS)
  - Hydrogénation de CO_2
  - Méthanation catalytique



IMT Mines Albi-Carmaux
École Mines-Télécom

INSTITUT CARNOT M.I.N.E.S

H_2MINES

MERCI POUR VOTRE ATTENTION

WasteEng 24

10th International Conference on Engineering for Waste and Biomass Valorisation
Towards Sustainable Transitions

SAVE THE DATE!

WasteEng2024
Sendai (Japan)
August 19-22, 2024

Details will be available soon!

IMT Mines Albi-Carmaux
École Mines-Télécom