



Présentation du parcours  
**ÉNERGIE Procédés Environnement**



Responsable : Olivier MIRGAUX



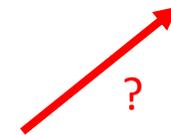
## Equation de KAYA

$$\text{Impacts environnementaux} = \text{population} \times \frac{\text{PIB}}{\text{population}} \times \frac{\text{impacts}}{\text{PIB}}$$



La croissance du PIB mesure la « santé » de notre société dans notre modèle actuel

Caractérise la « propreté » de nos modes de production et de consommation





## Equation de KAYA

$$\text{Impacts environnementaux} = \text{population} \times \frac{\text{PIB}}{\text{population}} \times \frac{\text{impacts}}{\text{PIB}}$$

Si on se concentre sur les impacts sur le dérèglement climatique par exemple

$$\frac{\text{CO2}}{\text{PIB}} = \frac{\text{TEP}}{\text{PIB}} \times \frac{\text{CO2}}{\text{TEP}}$$

- 2 leviers d'action pour l'ingénieur**
- Économies d'énergie dans la sphère industrielle
  - Décarbonation de l'énergie **ET** des procédés

Intensité énergétique du PIB  
= dépendance de l'économie aux énergies

Intensité CO2 de l'énergie  
= dépendance aux énergies fossiles



Être acteurs du changement aujourd'hui, c'est avant tout connaître et comprendre l'écosystème industriel dans lequel nous évoluons pour **être en mesure d'identifier les leviers d'actions.**

Le système industriel, c'est quoi ?

Des unités de production pour alimenter les besoins de la société

→ exemples ?

### PROCÉDÉS

Matériaux plastiques, métalliques, composés chimiques, carburants, agroalimentaire, production de biens de consommation ....

Des unités de productions d'énergie pour faire fonctionner ces unités de productions et répondre aux besoins domestiques

→ Exemples ?

### PROCÉDÉS

Centrale thermique à flamme classique (charbon, fioul), Cycle Combiné à Gaz (turbine à combustion + turbine à vapeur), Cogénération (chaleur + électricité), nucléaire, EnR

Des unités de traitement des effluents

→ Exemples d'effluents ?

### PROCÉDÉS

Rejets gazeux, liquides ou solides ... ou des phases mélangées (= milieux polyphasiques) qui nécessitent d'être traités



Pour résumer, le monde qui nous entoure, c'est ...

Des procédés, de l'énergie et de l'environnement

# Bienvenue dans le parcours Energie, Procédés, Environnement





→ **Méthodologie générale pour relever les défis industriels :**

- par l'analyse, l'étude et la compréhension des processus élémentaires
- par le calcul des unités industrielles

**Bases scientifiques** pour être capable de bien appréhender les phénomènes mis en jeu :

- Mécanique des fluides
- Transferts chaleur/masse
- Modèles physiques

**Concepts et méthodologies de l'Ingénieur :**

- Analyse, diagnostic énergétique et environnemental, gestion de l'énergie
- Modélisation-simulation multiphysique et multiéchelle
- Optimisation

→ **Connaissance technique et économique des domaines de l'énergie et de l'environnement**

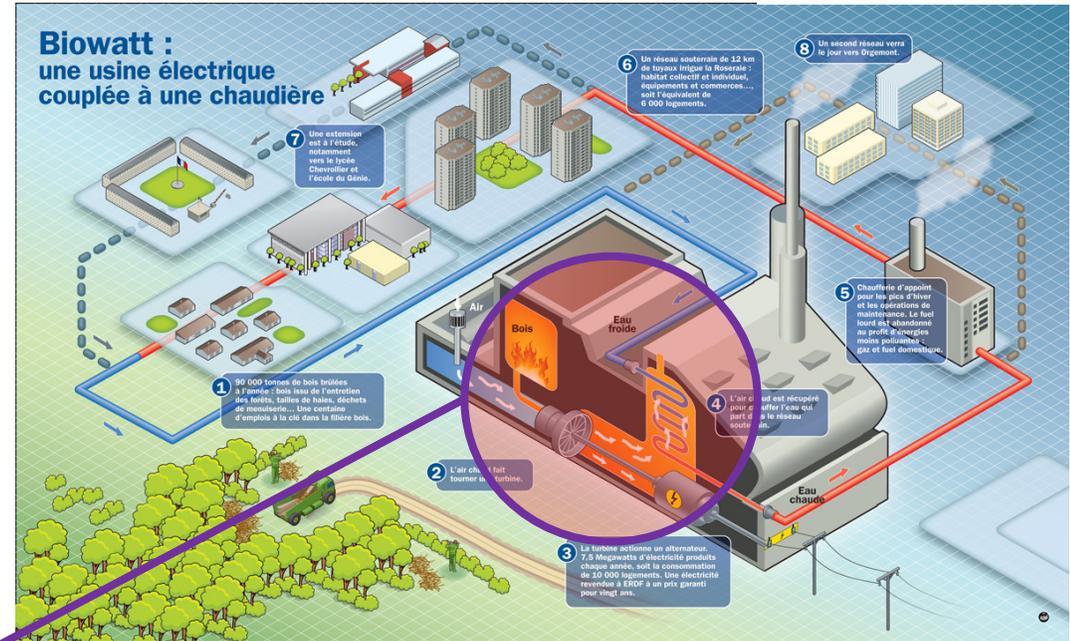
→ **Mise en application de vos connaissances sur des problématiques concrètes**



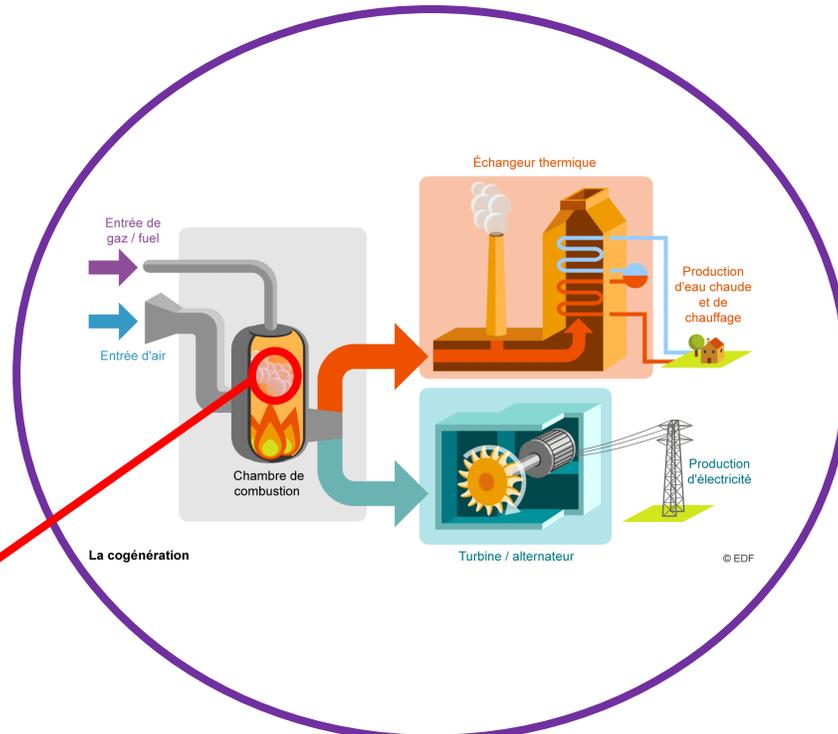
# Plusieurs échelles d'investigation



*Consommation énergétique, rendements, efficacité, émissions*

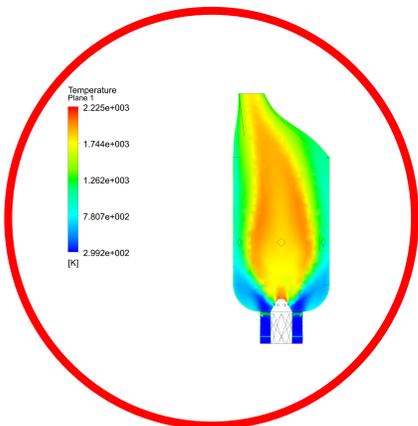


*Échelle de la filière approvisionnement, distribution, impacts environnementaux, cycle de vie*



Échelle du procédé

*Température, Pression, compositions, morphologies, tailles des particules ...*



Échelle locale



## Concrètement en S8

Approche systémique des réacteurs  
🌿 (♻️)

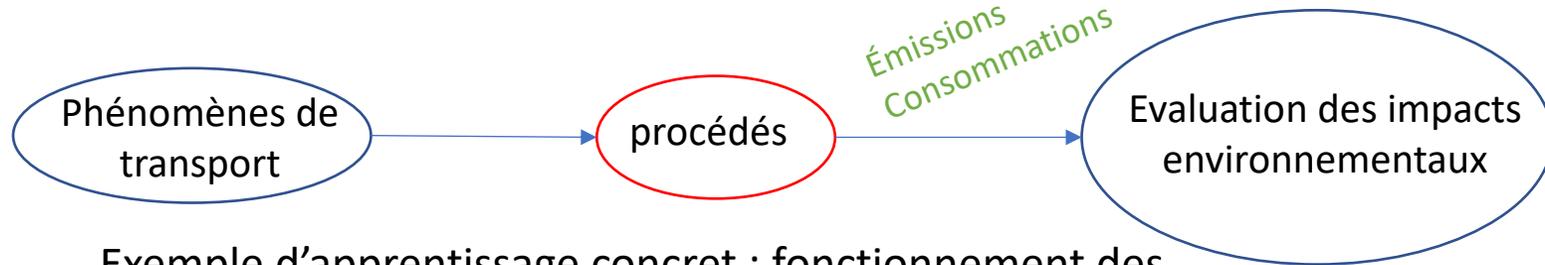
Traitement de l'eau et des déchets  
🌿 (💧)

Turbomachines – Énergies hydraulique et éolienne  
💧 (🌿)

Évaluation des impacts environnementaux  
♻️ (🌿)



Donner des outils conceptuels à l'ingénieur pour dimensionner des réacteurs et en dresser les bilans matières et énergétique.



Exemple d'apprentissage concret : fonctionnement des échangeurs de matière gaz-liquide tels les colonnes à garnissage, utilisées par exemple pour la capture du CO<sub>2</sub> par absorption chimique.

Mini projet sur un procédé énergivore et/ou gros émetteur de CO<sub>2</sub>.



*Chef de service ArcelorMittal R&D. Réduire la consommation énergétique de la filière d'élaboration de l'acier, décarbonation des procédés, modélisation usine*



*Ingénieure Environnement chez EDF, Pauline est en charge de l'appui aux projets nucléaires pour la prise en compte de l'environnement à la conception*



## Concrètement en S8

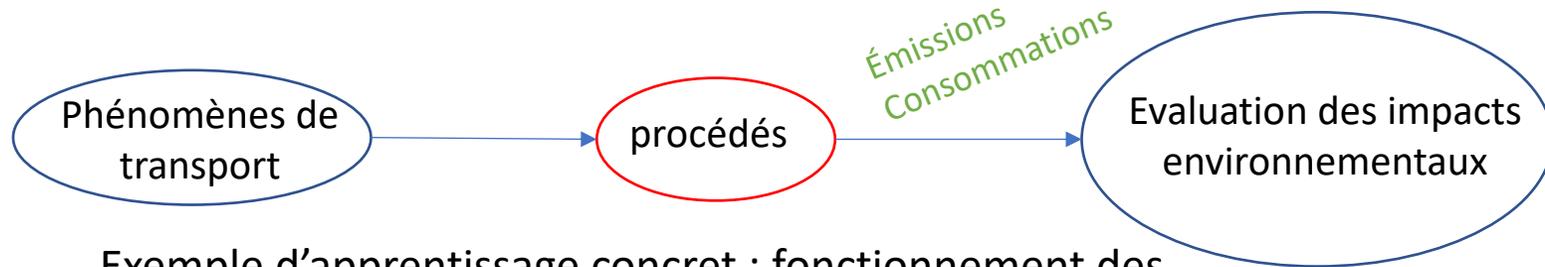
Approche systémique des réacteurs  
🌿 (♻️)

Traitement de l'eau et des déchets  
🌿 (💧)

Turbomachines – Énergies hydraulique et éolienne  
💧 (🌿)

Évaluation des impacts environnementaux  
♻️ (🌿)

Donner des outils conceptuels à l'ingénieur pour dimensionner des réacteurs et en dresser les bilans matières et énergétique.



Exemple d'apprentissage concret : fonctionnement des échangeurs de matière gaz-liquide tels les colonnes à garnissage, utilisées par exemple pour la capture du CO<sub>2</sub> par absorption chimique.

**INFO : Séminaire Hydrogène → procédés de production et filière**



*Chef de service ArcelorMittal R&D. Réduire la consommation énergétique de la filière d'élaboration de l'acier, décarbonation des procédés, modélisation usine*



*Ingénieure Environnement chez EDF, Pauline est en charge de l'appui aux projets nucléaires pour la prise en compte de l'environnement à la conception*



Concrètement en S8

Approche systémique des réacteurs  
🌿 (♻️)

Traitement de l'eau et des déchets  
🌿 (💧)

Turbomachines – Énergies hydraulique et éolienne  
💧 (🌿)

Évaluation des impacts environnementaux  
♻️ (🌿)

Tout est dans le titre ! Enjeux majeurs de notre société



*Chloé travaille chez Citéo, éco-organisme pour le recyclage*



*Antoine est consultant spécialiste en gestion de l'eau, assainissement et déchets solides et a travaillé sur des projets en Afrique du Sud, en Guyane, aux Philippines et France*



*Après avoir été chef de projet eau et assainissement à Madagascar en zone rurale, Guillaume est aujourd'hui consultant indépendant Energie et Environnement*



## Concrètement en S8

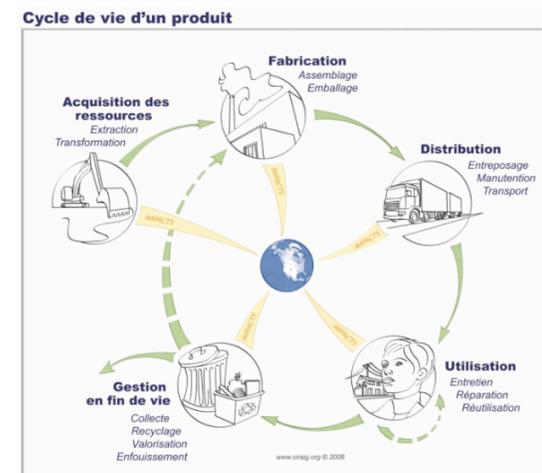
Approche systémique des réacteurs  
🌿 (♻️)

Traitement de l'eau et des déchets  
🌿 (💧)

Turbomachines – Énergies hydraulique et éolienne  
💧 (🌿)

Évaluation des impacts environnementaux  
♻️ (🌿)

Au choix



*Philippe a occupé le poste de **Sustainability Project Leader** chez Décathlon Europe, où il a travaillé sur la réduction des émissions de GES dans la production des vélos. Il est maintenant **Production Leader** at Décathlon International*

*Ancien du département PEE, Hughes-Marie est aujourd'hui **Manager** chez Carbone 4, cabinet de consulting qui élabore des stratégie de réduction des émissions de GES pour les entreprises*



Concrètement en S9

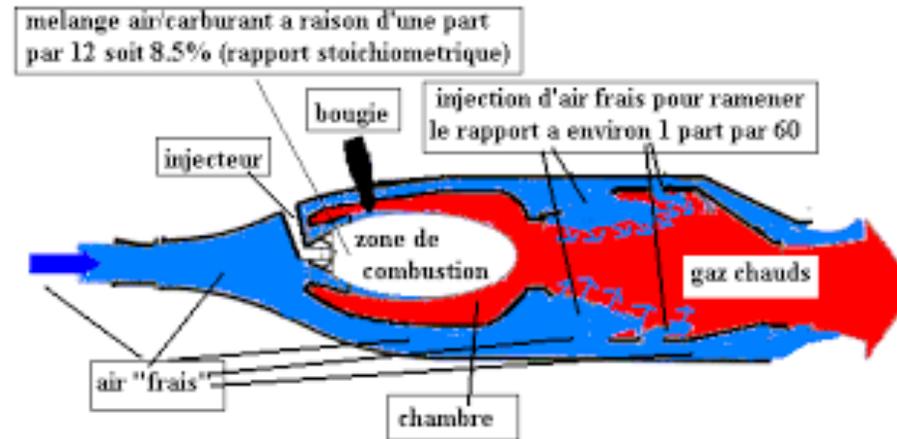
Combustion

Transferts en écoulements multiphasiques

Optimisation énergétique

Comportement des phases dispersées

Production de chaleur, moteurs thermiques, turbines à gaz ...



*Maxime travaille dans le développement de solutions Biogaz*



*En charge du pôle thématique « Hydrogène et gaz énergie » chez ENEA Consulting en Australie, Elieta est aujourd'hui **Directrice de ALLICE** (Alliance Industrielle pour la Compétitivité et l'Efficacité Énergétique) qui vise à renforcer la filière de l'efficacité énergétique dans l'industrie*



## Concrètement en S9

Combustion

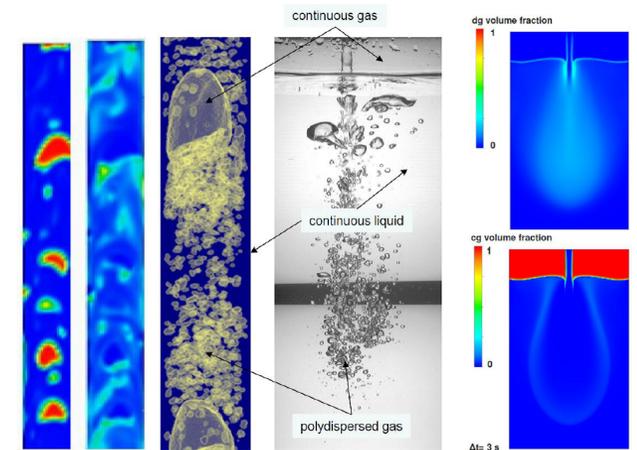
Transferts en écoulements multiphasiques

Optimisation énergétique

Comportement des phases dispersées

Les transferts en milieux polyphasiques concernent aussi bien les grands procédés industriels de production ou d'utilisation d'énergie que le secteur de l'environnement.

- sélectivité et vitesse des réactions (combustion par exemple)
- séparation des produits
- transferts de chaleur avec changement de phase
- Évaporateur / condenseur



*Tao effectue un doctorat sur un procédé sidérurgique bas carbone fonctionnant avec de la biomasse*



Concrètement en S9

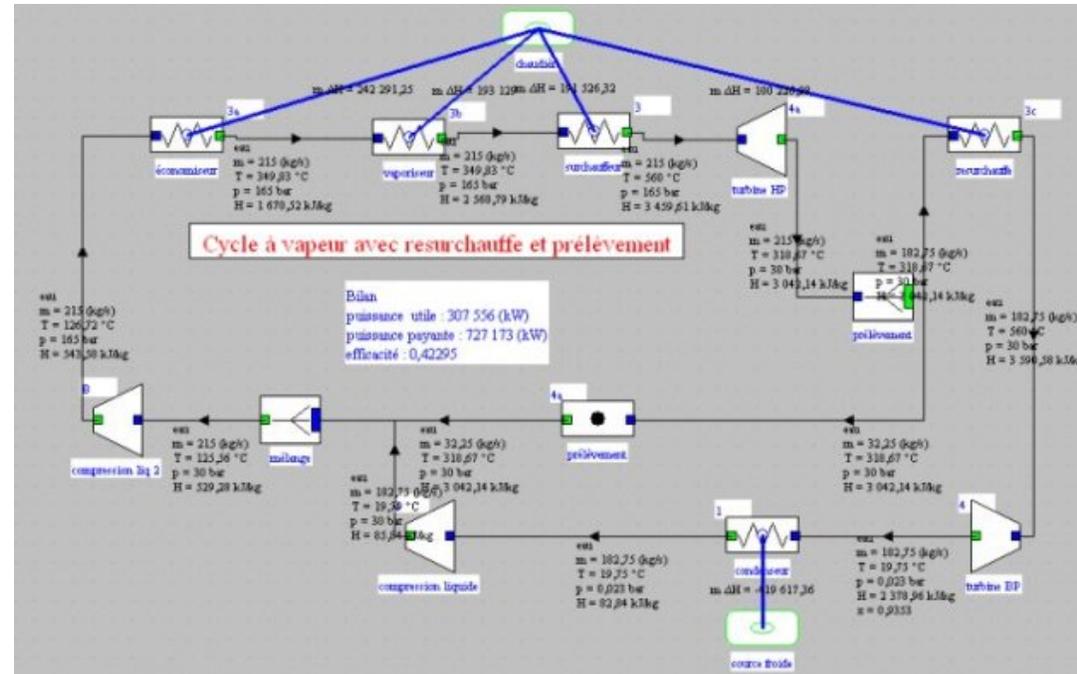
Combustion

Transferts en écoulements multiphasiques

Optimisation énergétique

Comportement des phases dispersées

Modélisation et optimisation en terme de génie énergétique  
Utilisation du logiciel THERMOPTIM



*Aïda travaille GDF Suez (Direction Recherche et Innovation) en tant qu'ingénieure de recherche sur la performance énergétique des bâtiments*



## Concrètement en S9

Combustion

Le traitement des effluents industriels et ménagers (liquide et gazeux) s'opère pratiquement toujours dans des milieux multiphasiques.

exemples : traitements des eaux usées par flottation, des particules fines, des effluents radioactifs contaminés.

Transferts en écoulements multiphasiques

Le cours permet notamment d'aborder la question urgente des particules fines atmosphériques qui menacent grandement la santé publique.

Optimisation énergétique

Comportement des phases dispersées



*Lya étudie le comportement des particules fines dans l'atmosphère*



*Matthieu est aujourd'hui chef de projet hydraulique et a également travaillé sur les stations d'épuration et les réseaux d'assainissement*





## Concrètement en S9

Marchés de  
l'énergie et de  
l'environnement

Open Codes for  
Fluid Dynamics

Transition to  
turbulence

Biomasse  
énergie



Biomasse

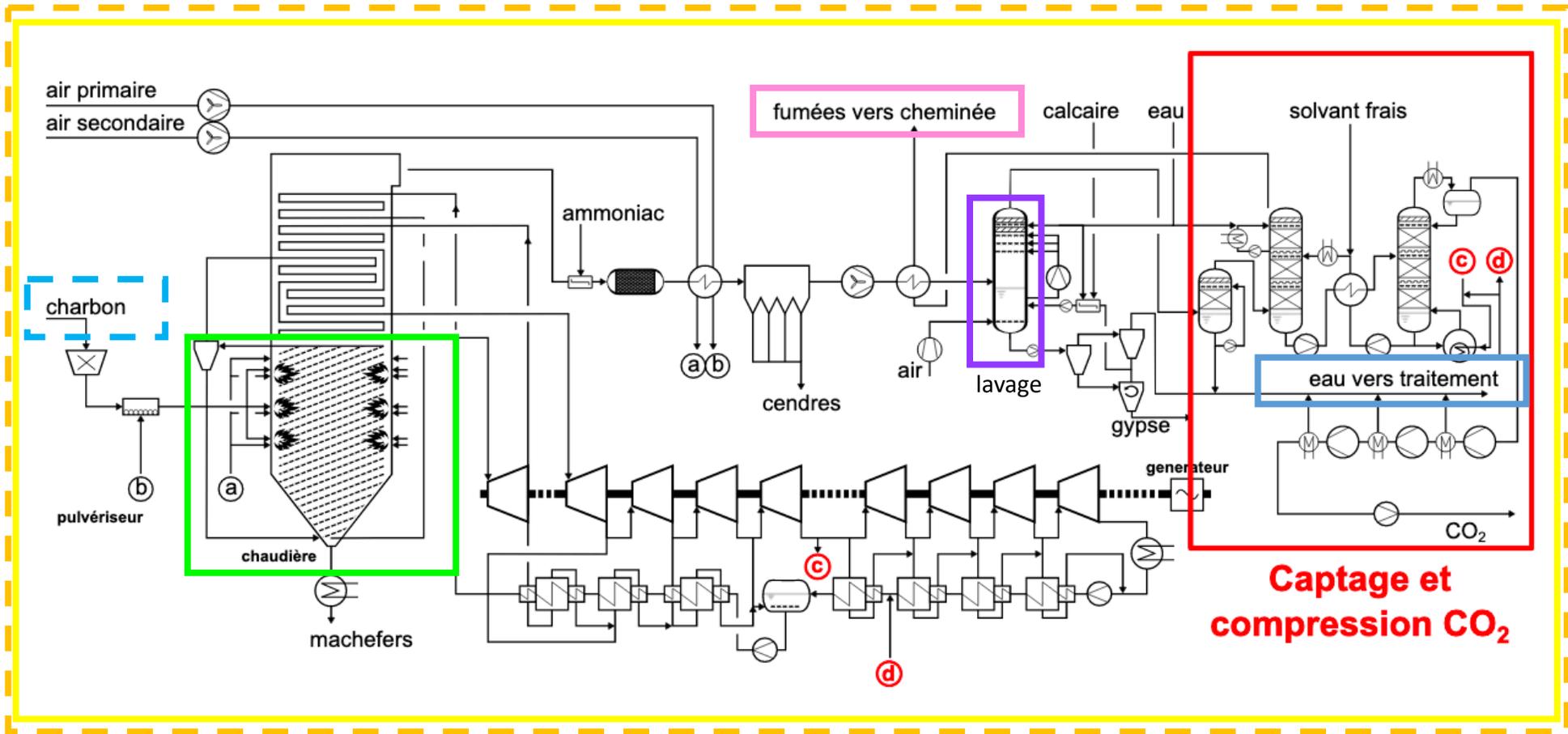


FIGURE 1.5.: Schéma de procédé d'une centrale supercritique au charbon pulvérisé équipée de captage

Approche systémique des réacteurs

Comportement des phases dispersées

Combustion

Optimisation énergétique

Transferts en écoulements multiphasiques

Traitement de l'eau et des déchets