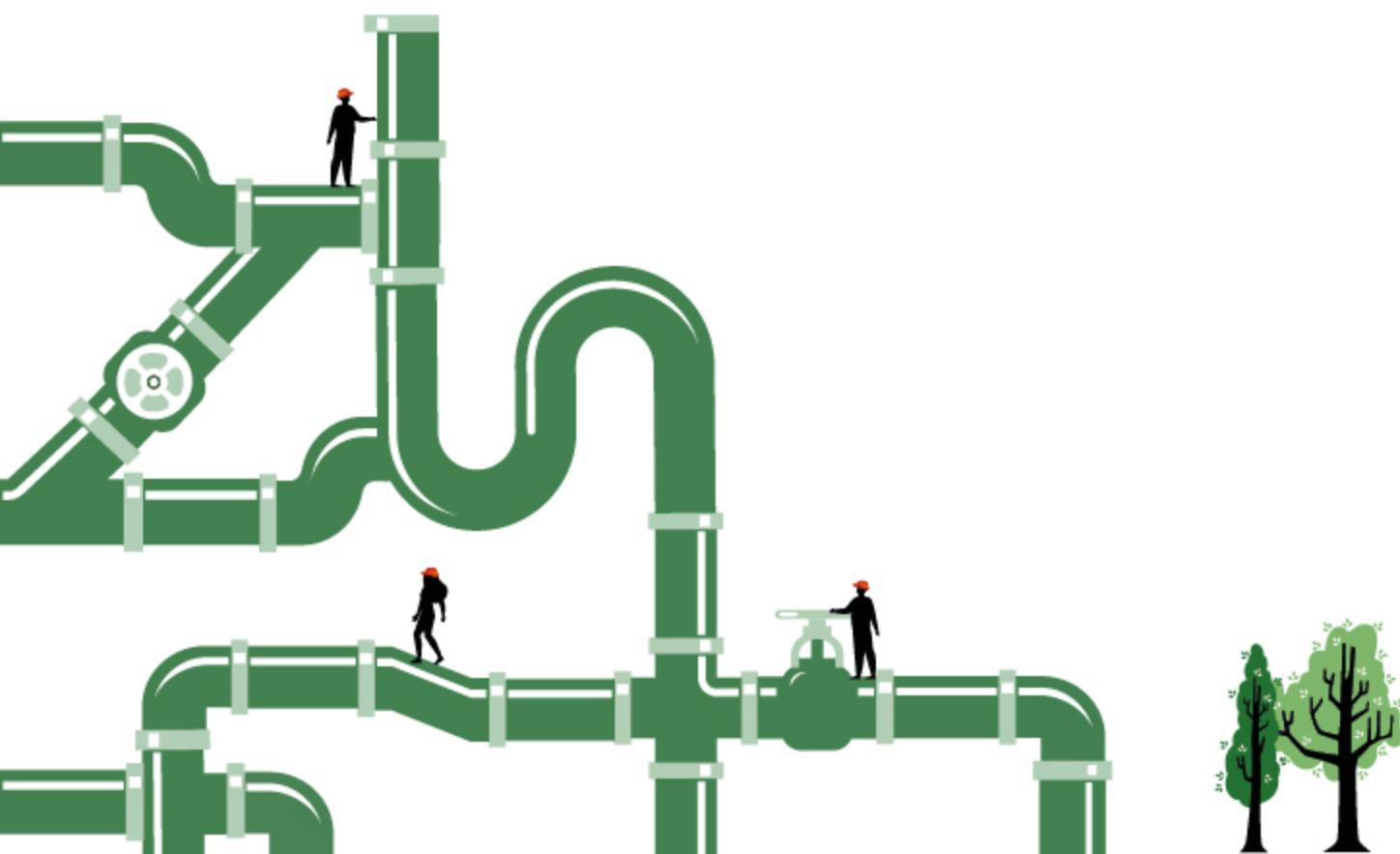


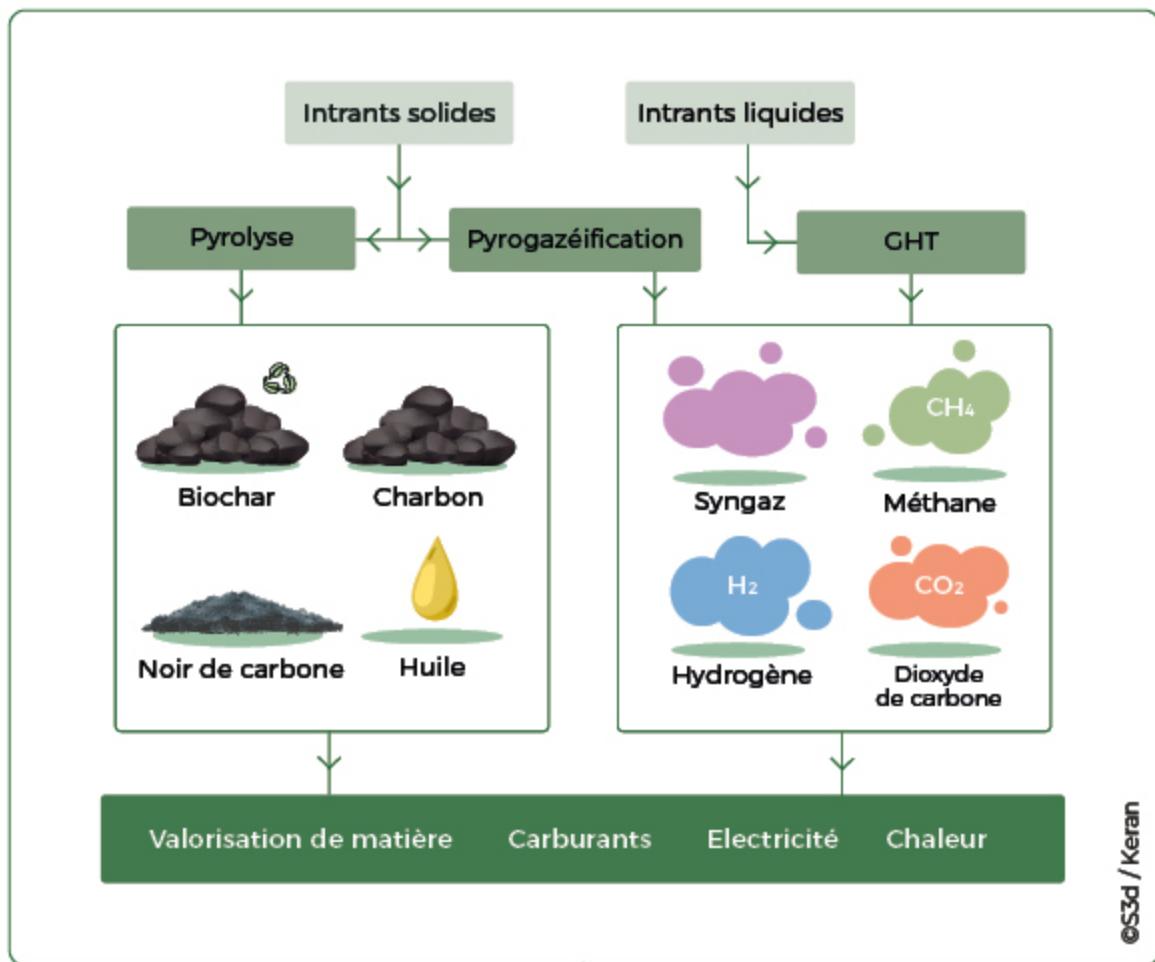
# PARTIE 2

Les procédés de gazéification





## Les procédés en résumé



# N°1

## La Pyrolyse

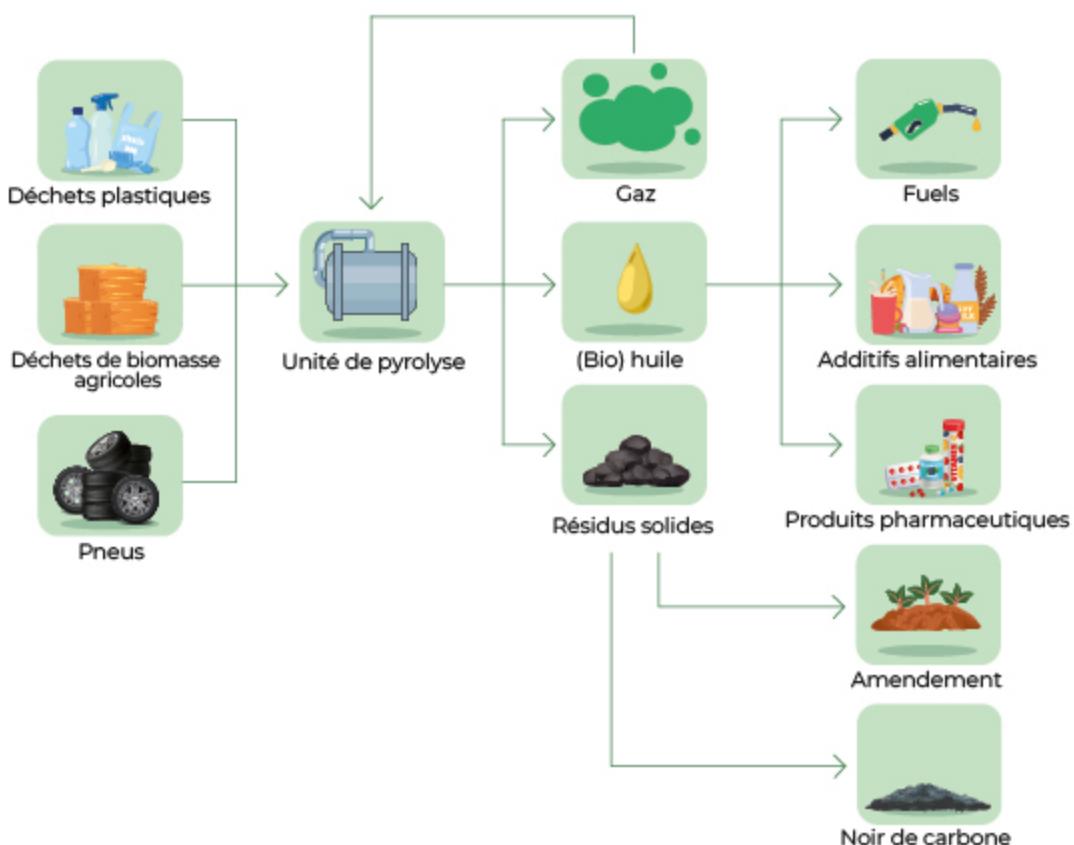
La pyrolyse est un procédé thermochimique qui permet de décomposer de la matière carbonée sous l'effet de températures comprises entre **400°C et 700°C** et en absence d'oxygène.

Le réacteur nécessite d'être chauffé. Il s'agit :

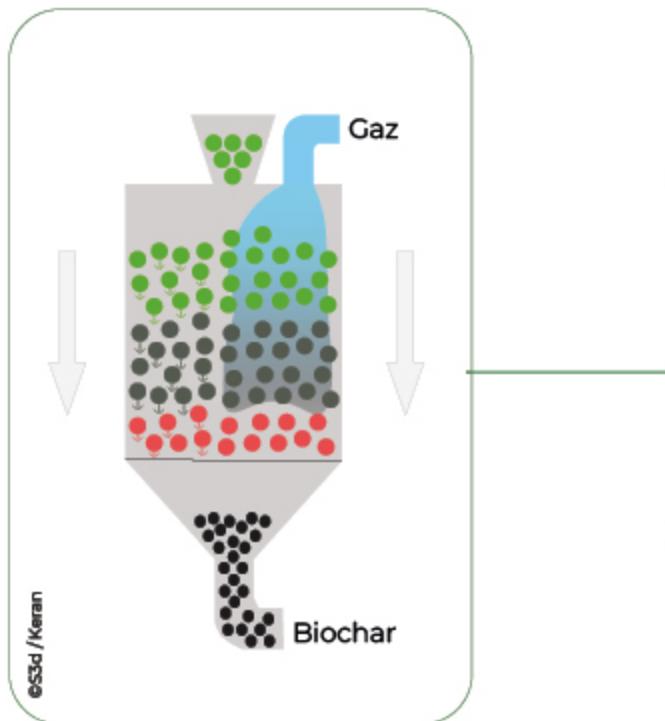
- Soit d'un **chauffage interne** par la combustion d'une partie de la charge ou bien par le biais d'un média caloporteur (billes d'acier ou du sable)
- Soit d'un **chauffage externe** (électrique ou flux de gaz chaud)

**Ce procédé permet d'obtenir une phase solide (char), une phase liquide (huile de pyrolyse) et une phase gazeuse (gaz de pyrolyse).** La proportion de ces trois phases dépend de l'intrant valorisé et des paramètres opératoires tels que la température, le temps de séjour et la vitesse de chauffe.

### La pyrolyse en synthèse



## Deux types de réacteurs existent :



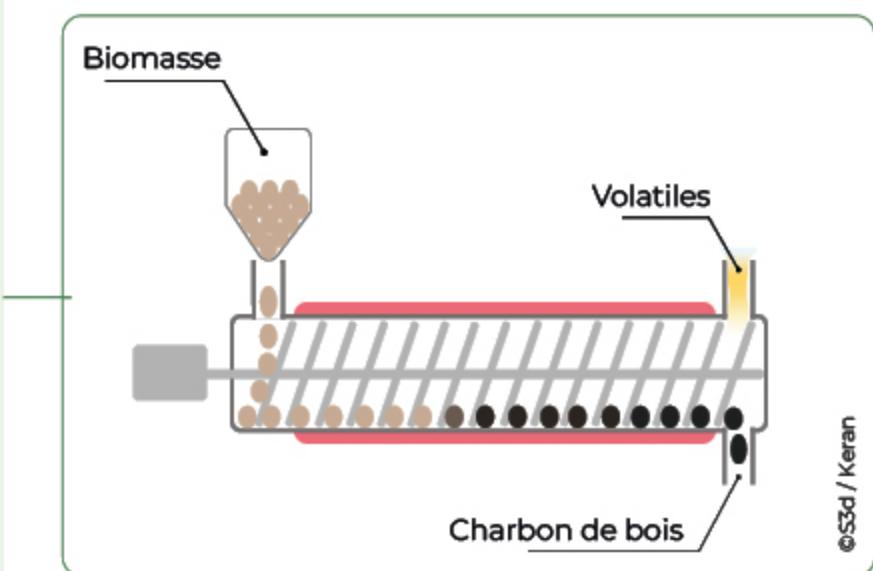
### Les réacteurs à lit fixe :

L'intrant forme un lit granulaire statique sans mouvement de brassage durant le processus de pyrolyse. Le fonctionnement peut être en batch ou en continu.

### Réacteur à lit convoyé :

L'intrant est transporté à travers le réacteur par un système de convoyage à l'aide d'une vis sans fin ou d'un tambour rotatif.

Cela permet d'avoir un brassage continu de la matière, améliorant l'homogénéité des températures et donc de la réaction.



# N°2

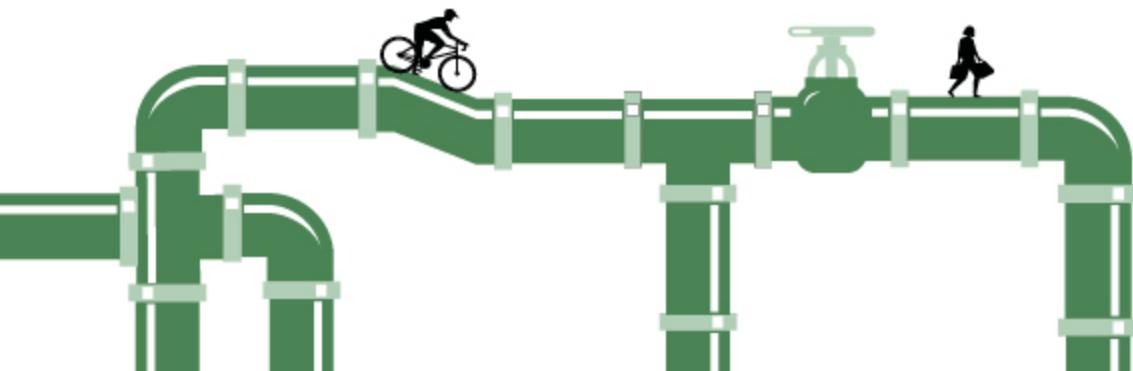
## La Pyrogazéification

La pyrogazéification est un procédé thermochimique qui permet de transformer des matières carbonées solides en syngas, sous l'effet de températures comprises entre 800°C et 1200°C.

**La pyrogazéification peut se décomposer en 4 étapes :**

- 1 Une phase de séchage** qui évacue l'humidité contenue dans l'intrant.
- 2 Une phase de pyrolyse** qui produit des matières volatiles (CO, CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, H<sub>2</sub>Ovap et des goudrons) et du charbon.
- 3 Une phase d'oxydation partielle** qui oxyde les matières volatiles produites lors de la phase de pyrolyse, de façon à fournir la chaleur nécessaire à l'ensemble du procédé et à détruire la fraction de goudrons par craquage thermique.
- 4 Une phase de gazéification** (ou réduction) qui convertit le charbon en CO et H<sub>2</sub>.

La pyrogazéification permet ainsi de maximiser la production de gaz de synthèse, appelé syngaz, qui est composé de **CO, CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> et N<sub>2</sub>**. La fraction solide résiduelle (cendres) est composée de minéraux et de plus ou moins de carbone selon l'efficacité du procédé.



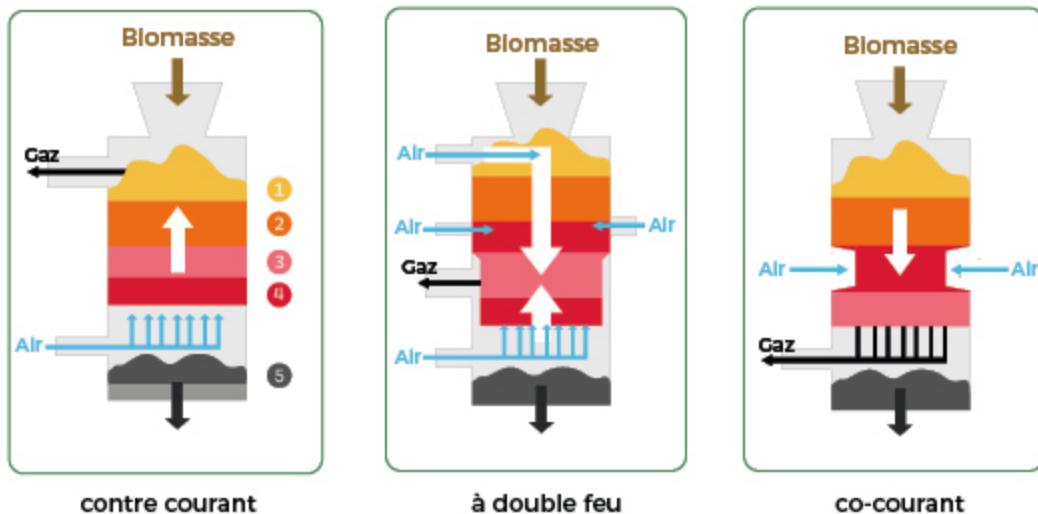
## Il existe deux grands types de réacteur :

### Gazogène à lit fixe :

L'intrant, injecté par le haut, forme un lit granulaire qui s'écoule verticalement par gravité sans mouvements de brassage durant le processus de pyrogazéification.

#### Légende

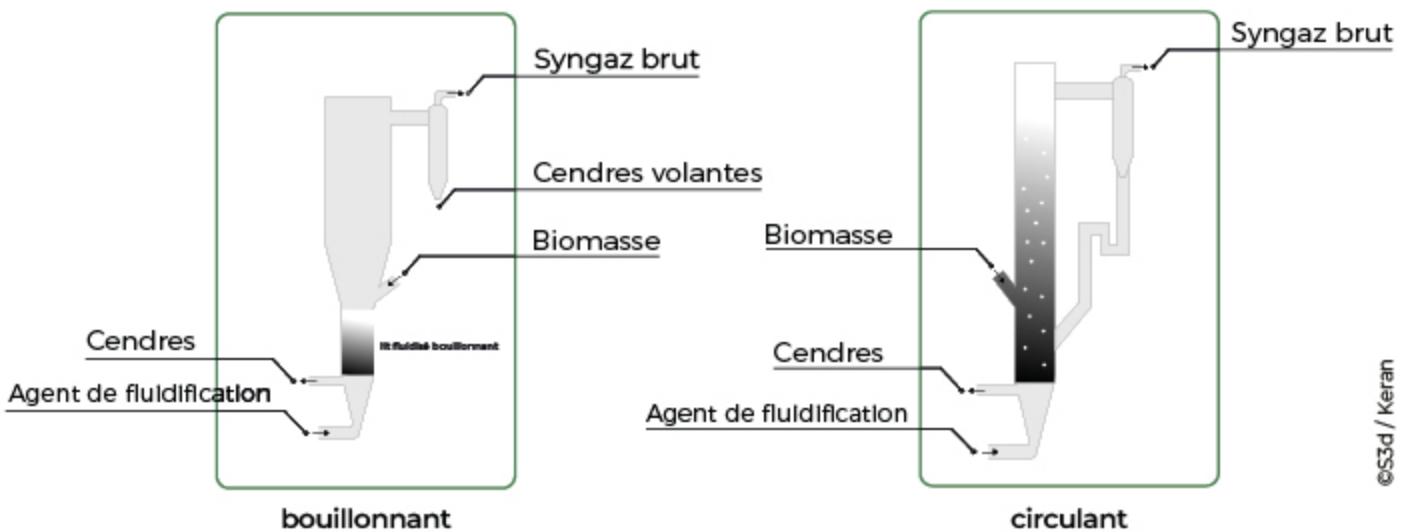
- ① Séchage
- ② Pyrolyse
- ③ Réduction
- ④ Combustion
- ⑤ Biochar



©S3d / Keran

### Lit fluidisé :

L'intrant et l'agent oxydant sont injectés en partie basse du réacteur. L'intrant est en perpétuel mouvement sous l'effet de l'injection des gaz oxydants ce qui assure une bonne homogénéité des températures. Il doit avoir une granulométrie et une densité adaptées pour permettre sa fluidisation.



©S3d / Keran

Ces réacteurs (fixes et fluidisés) peuvent être employés seuls ou bien associés pour former **un procédé dit « étagé »** : l'étape de pyrolyse est réalisée dans un réacteur distinct qui est suivi d'un deuxième réacteur où se passe les réactions d'oxydation partielle et de réduction.

# N°3

## Gazéification hydrothermale

**La Gazéification Hydrothermale** (ou GHT) est un procédé thermochimique qui permet de transformer des matières carbonées en gaz en utilisant de l'eau à l'état supercritique.

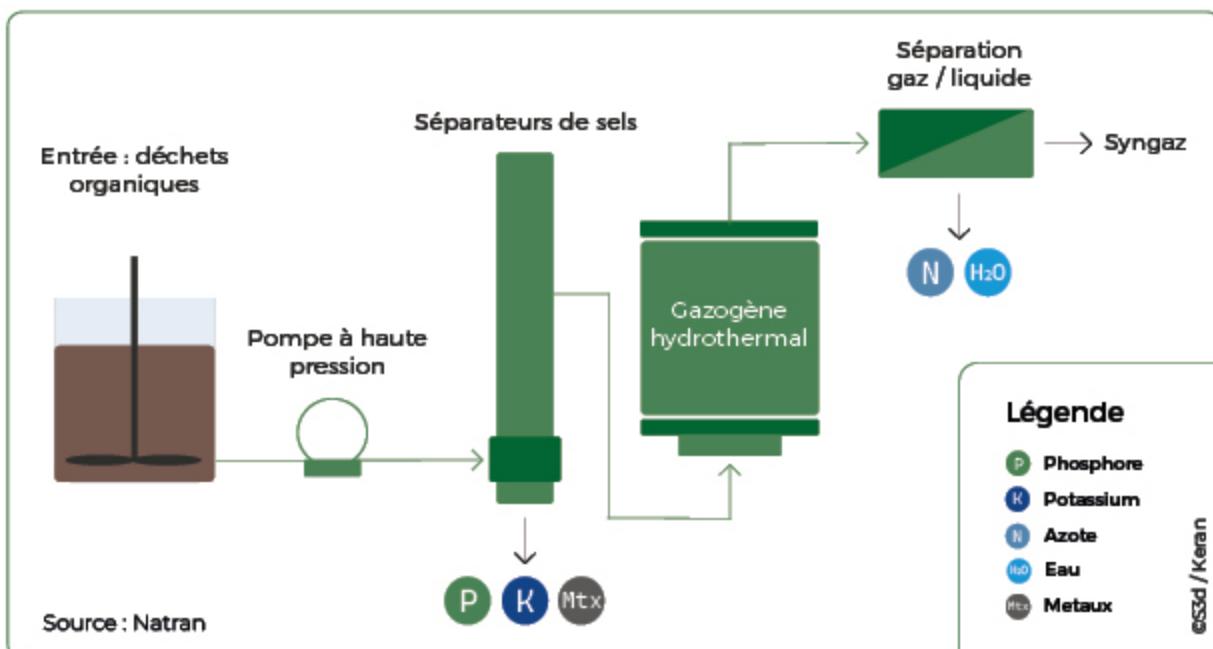
Cela nécessite un fonctionnement à une pression supérieure à **220 bar** et à une température supérieure à **400°C**.

La GHT s'adresse plus particulièrement à des intrants liquides ou pâteux qui présentent un taux de matière sèche autour de 20 %.

À l'issue de la transformation, 3 produits sont obtenus :

- **Un gaz** majoritairement composé de méthane ( $\text{CH}_4$ ), d'hydrogène ( $\text{H}_2$ ) et de dioxyde de carbone ( $\text{CO}_2$ ).
- **Une phase aqueuse** contenant principalement l'azote présent dans l'intrant, désormais sous forme ammoniacale.
- **Un résidu solide** composé en parti des sels qui précipitent lors du passage de l'eau en supercritique ainsi que des polluants (métaux lourds).

### La GHT en schéma



## Deux technologies se distinguent :

**La gazéification hydrothermale catalytique** qui utilise un catalyseur pour réduire la température et favoriser la production de CH<sub>4</sub>.

**La gazéification hydrothermale haute température** qui fonctionne à plus de 500°C et qui va favoriser la production d'H<sub>2</sub>.

	GHT catalytique	GHT haute température
Température	< 450-500°C	> 500°C
Catalyseur	OUI	NON
Gaz	<p>CH<sub>4</sub> 60-70%</p> <p>H<sub>2</sub> 0-10%</p> <p>CO<sub>2</sub> 20-35%</p>	<p>CH<sub>4</sub> 20-40%</p> <p>H<sub>2</sub> 20-50%</p> <p>CO<sub>2</sub> 20-30%</p> <p>C<sub>x</sub>H<sub>y</sub> 0-10%</p>

