

Pyrogazéification

Pyro-gazéification : procédé thermochimique qui décompose des **matières solides carbonées** (biomasse ou déchets) par chaleur en absence ou en défaut d'oxygène. Ce processus comprend quatre étapes :

1. **Séchage** de la matière
2. **Pyrolyse** (production de coke et de gaz)
3. **Oxydation** (génération de chaleur)
4. **Réduction** pour produire du **syngaz** et du charbon dit **biochar** (utilisé pour dépolluer les sols)

Syngaz (gaz de synthèse) : mélange de monoxyde de carbone et d'hydrogène, pouvant **remplacer les énergies fossiles** (gaz naturel) dans l'industrie, en particulier dans les fours industriels, sans avoir à changer l'installation industrielle. Permet également une **valorisation des déchets organiques**.

Électrification

Électrification industrielle : remplace les procédés de combustion directe par des technologies électriques (fours à arc, induction, pompes à chaleur), alimentées par une électricité décarbonée. L'électrification est un levier direct de décarbonation.

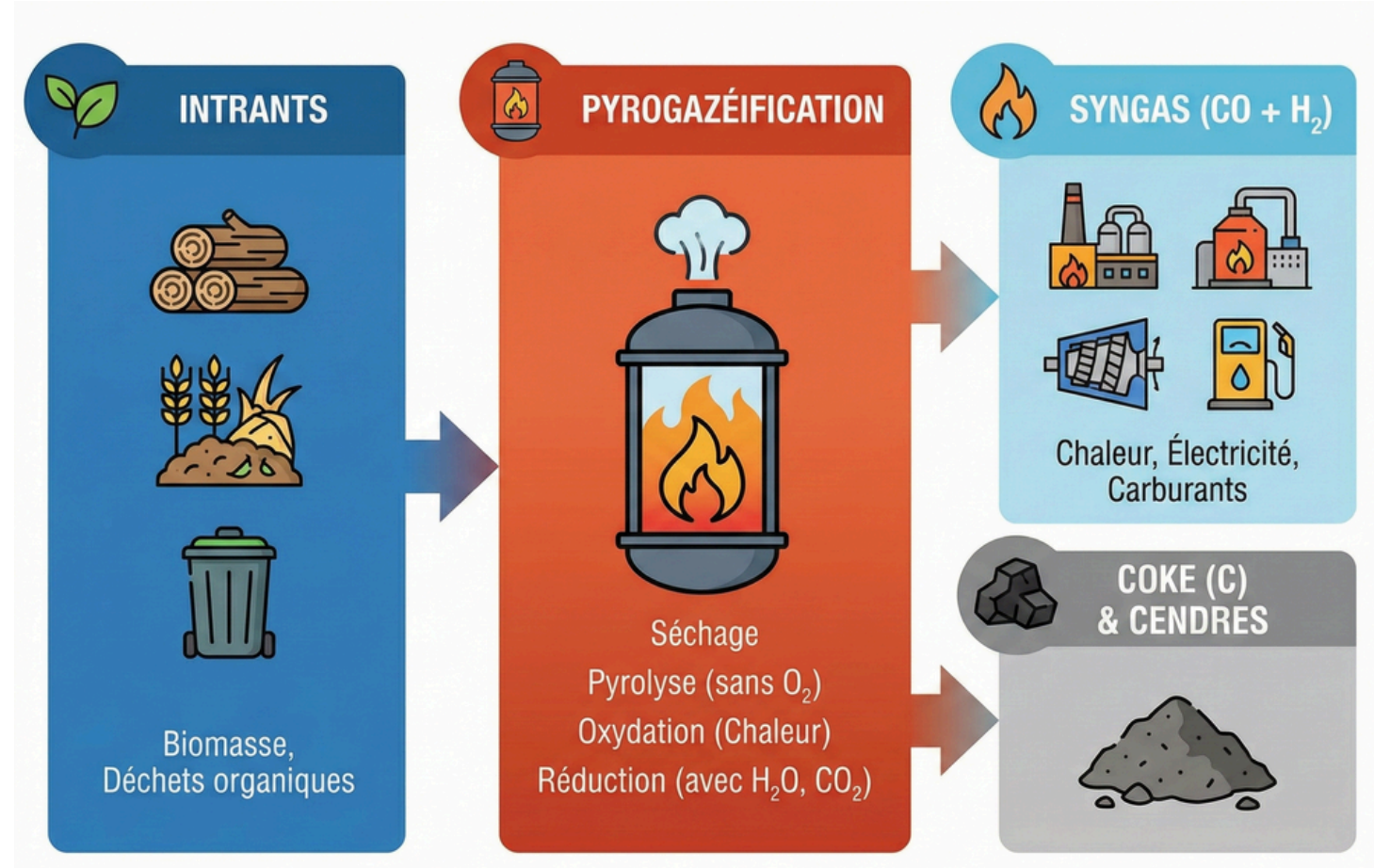


Tableau comparatif

Gazéification	Electrification
Possibilité de stockage du gaz	Pas de stockage possible, dépendance à la production irrégulière d'électricité
Entre 0,054 et 0,13€/kWh (pour le biogaz)	Entre 0,12 et 0,2 €/kWh
Précision thermique de $\pm 5^{\circ}\text{C}$ pour un four	Précision thermique de $\pm 2^{\circ}\text{C}$ pour un four
Maintenance importante en général	Maintenance modérée en général
Procédés sont non-électrifiables (ex : flamme à haute température)	Puissance maximale limitée, haute température plus difficile à atteindre

Secteurs ciblés

Secteurs ciblés par la pyrogazéification :

- Industries utilisant massivement le gaz naturel comme source d'énergie thermique (utilisation dans des brûleurs existants par exemple)
- **Objectif** : remplacer progressivement le gaz fossile par un gaz de synthèse renouvelable à moindre coût, ou pratiquer la cogénération (chaleur + électricité)
- Intégration d'un module de pyrogazéification sans remettre en cause les procédés existants.

Secteurs clés

Industries du verre et de la céramique :

- Forte consommation de chaleur.
- Structurées en pôles industriels majeurs.

Sidérurgie :

- Grand secteur énergivore.

Chimie et pétrochimie :

- Dépendance au gaz naturel comme combustible et matière première.

Industrie papetière :

- 62 % de l'énergie déjà renouvelable.
- Potentiel de décarbonation complémentaire.

Secteur du ciment :

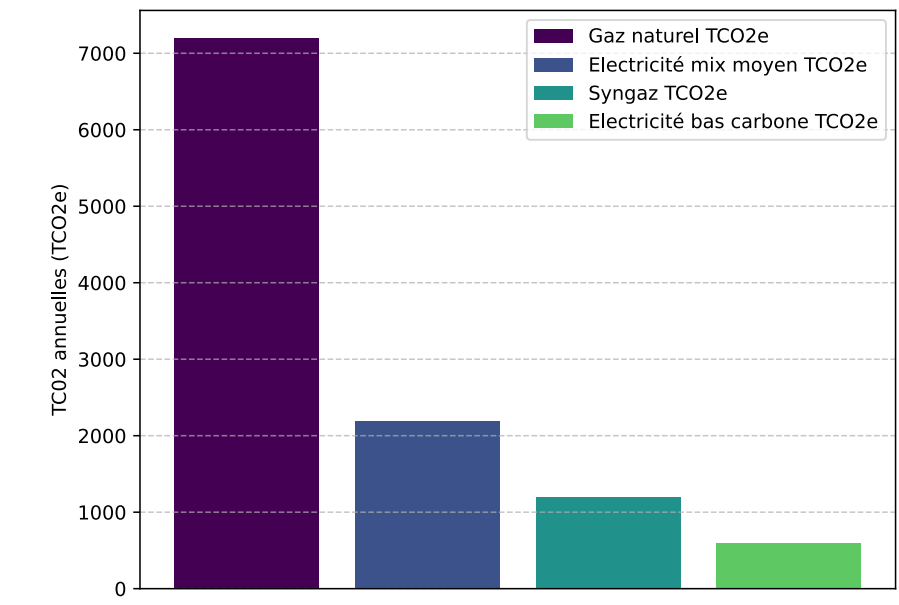
- Secteur à haute émission de CO_2 .
- Dépendance aux hautes températures, potentiel pour la substitution énergétique via pyrogazéification.

Étude de cas : Verallia

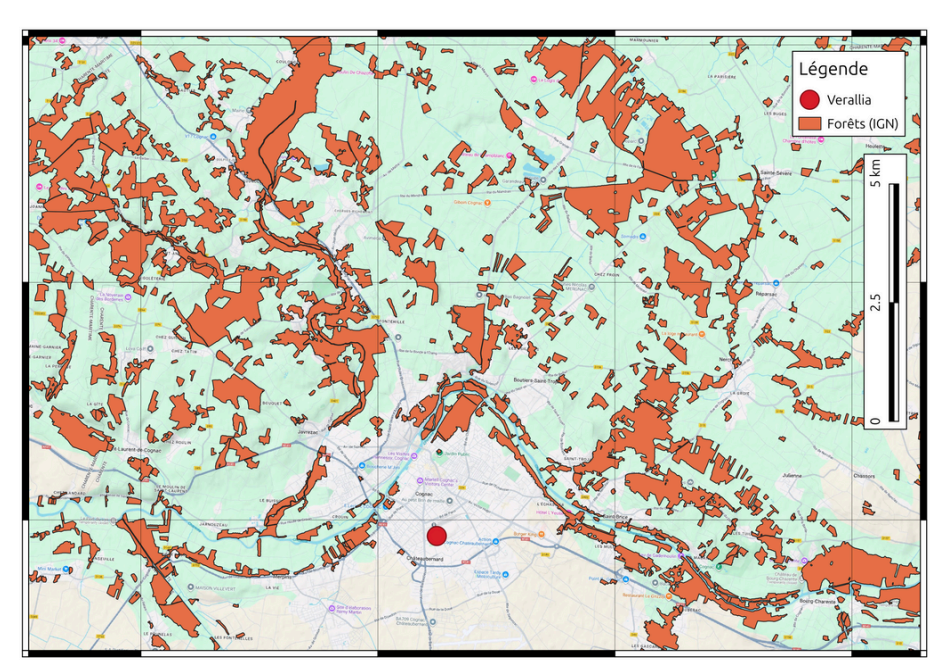
Verallia : entreprise française spécialisée dans l'**emballage des boissons et produits alimentaires**.

- **Trois fours** pour le verre à cognac
- 2024 : rend un four **électrique**
- **Objectif** : - 46 % de GES d'ici 2030
- Association à **Charwood** entreprise française proposant des solutions énergétiques décarbonées de valorisation de la biomasse
- Un four va être équipé d'un **apport en syngaz**, qui remplacera **20 % de la consommation** en gaz du four. La centrale qui sera installée produira ≈ 30 GWh/an de syngaz et nécessitera **8 000 t de biomasse locale**, dans un rayon de **100 km**.

Émissions annuelles de CO_2eq pour un four par type d'énergie

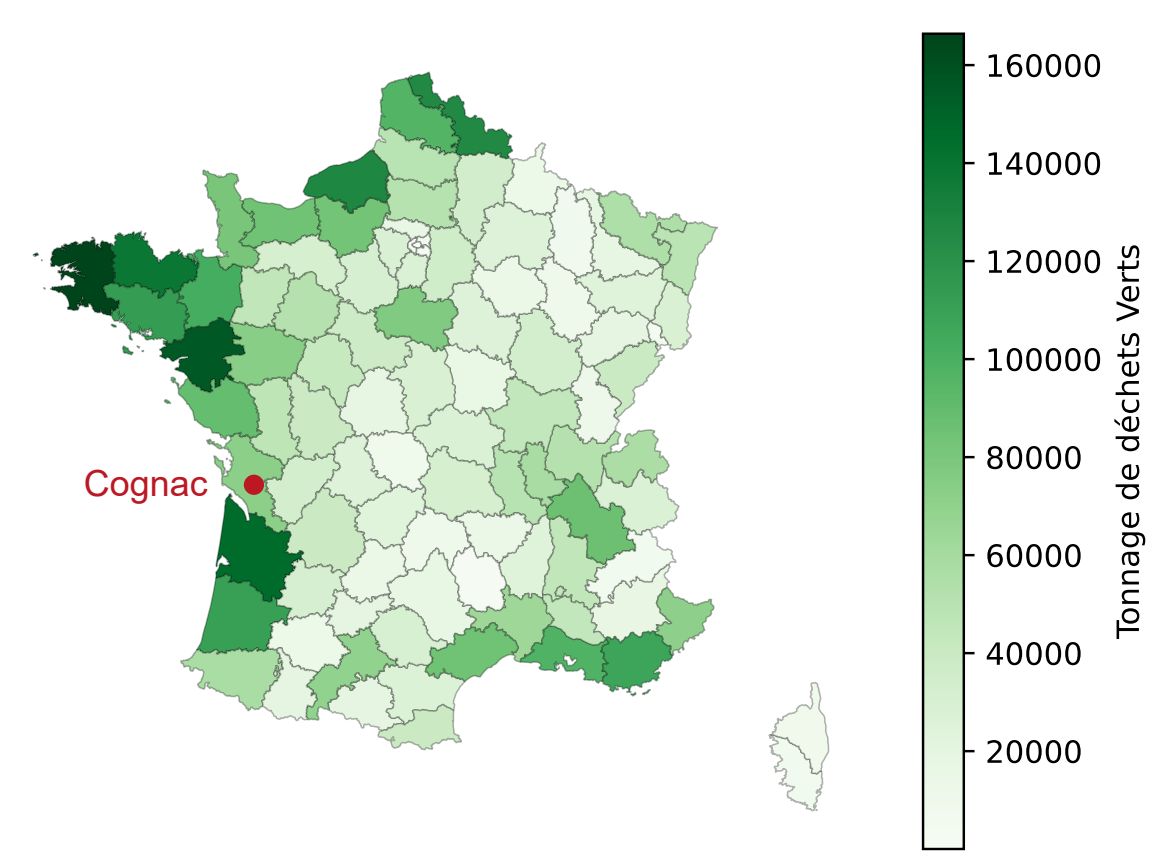


* Facteur d'émission moyen de l'électricité $\approx 73 \text{ gCO}_2/\text{kWh}$
** Facteur d'émission électricité bas carbone $\approx 20 \text{ gCO}_2/\text{kWh}$



Zones forestières (orange) autour de Cognac.

Déchets verts en France métropolitaine - 2021



Répartition des déchets verts

La **représentation cartographique des tonnages de déchets verts** en France permet d'apprécier le potentiel réel de la pyrogazéification à l'échelle du territoire.

Visualisation de la ressource en biomasse : mise en évidence les zones où les gisements sont les plus abondants, souvent en lien avec la densité de population, l'activité agricole ou l'entretien des espaces verts.

Elle permet ainsi d'**identifier** les régions où l'implantation d'unités de pyrogazéification serait techniquement et économiquement **pertinente**, en **limitant les distances de transport** des déchets. Ici, il apparaît nettement que la côte Ouest propose de fortes ressources de biomasse valorisable.

La présence de **zones forestières** à proximité immédiate du site garantit un **approvisionnement local** et régulier en biomasse, tout en **limitant les coûts** et l'**impact environnemental** liés au transport. De plus, cette entreprise se situe sur la côte Ouest, disposant ainsi de **grandes quantités de déchets verts** (cf. Répartition des déchets verts).

Conclusion

La **pyrogazéification** est donc une solution **pertinente** pour la **décarbonation industrielle**, en particulier pour les secteurs dépendants du **gaz naturel**. Le syngaz, obtenu par valorisation de biomasses et de déchets locaux, offre une alternative renouvelable aux combustibles fossiles. Il existe cependant des difficultés, notamment l'. C'est pourquoi il est très intéressant de **coupler la pyrogazéification à de l'électrification industrielle**. Ces procédés sont **complémentaires**, et offrent une **stratégie de transition énergétique robuste**.

