



PRESENTATION DU CLUB PYROGAZEIFICATION (ATEE)

Créé en 2014, le Club Pyrogazéification rassemble près de 90 sociétés présentes sur l'ensemble de la chaîne de valeur de la filière : gestionnaires d'intrants (déchets ménagers, mobiliers, etc.), industriels, équipementiers (procédés thermochimiques, d'analyse et de transformation syngaz – dont méthanation), énergéticiens, bureaux d'études, laboratoires de recherche, etc.

Ses missions : favoriser le partage et la collaboration entre ses membres, faire connaître la filière comme moteur de la transition énergétique des territoires et œuvrer pour l'élaboration d'un cadre favorable à l'émergence de projets basés sur l'économie circulaire et la production d'une énergie renouvelable ou de récupération, locale, transportable et non intermittente.

CAHIER D'ACTEUR DU CLUB PYROGAZEIFICATION - ATEE

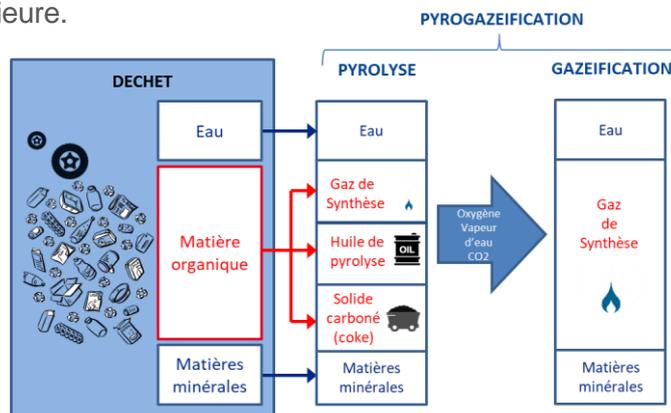
La pyrogazéification : une filière au service de l'économie circulaire, de la décarbonation et de l'indépendance énergétique

Notre cahier d'acteur s'inscrit dans les thèmes suivants :

- Quelles conditions pour une véritable culture du bas-carbone ? (2)
- Comment organiser la fin des énergies fossiles à l'horizon 2050 ? (12)

1. QU'EST-CE QUE LA PYROGAZEIFICATION ?

La pyrogazéification^[1] est un **traitement thermochimique** qui permet, en absence ou défaut d'oxygène, de convertir des **matières organiques** relativement sèches (biomasse ligneuse - connexes de scieries, bois en fin de vie, résidus de cultures, etc.) mais aussi des **déchets divers** (CSR, pneus usagés, plastiques non recyclables, etc.) en **composés énergétiques**, qui se présentent selon les procédés sous forme **solide** (char ou biochar), **liquide** (huiles) ou **gazeuse** (gaz de synthèse ou syngaz : mélange d'H₂, CO, CO₂ et CH₄) et qui gardent leur potentiel énergétique pour une utilisation ultérieure.



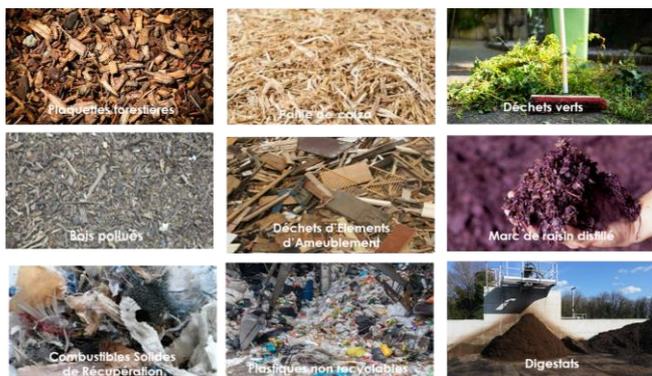
^[1] **Pyrolyse** : traitement thermique de la matière organique sèche en l'absence d'O₂ produisant une phase gazeuse (gaz de synthèse), une phase liquide (huile) et une phase solide (char).
Gazéification : pyrolyse suivie d'une transformation des phases non gazeuses en gaz de synthèse par ajout d'une petite quantité d'un agent oxydant (air, oxygène, vapeur d'eau ou gaz carbonique).

Cette étape de conversion de la matière en composés énergétiques ouvre la voie à une **multitude de modes de valorisation** (thermique, cogénération, production de molécules : méthane injectable en réseaux, hydrogène, biocarburants, biochar, etc.).

2. QUELS INTRANTS ?

Le **respect de la hiérarchie de traitement** des ressources est un pilier du développement souhaité par les acteurs de la filière pyrogazéification en France. Ainsi, seuls des intrants **non valorisables directement sous forme alimentaire ou matière et trouvant difficilement des exutoires** sont visés, notamment :

- Des **biomasses résiduelles** issues d'activités diverses : sylviculture, agriculture, industrie agroalimentaire, etc. ;
- Des **déchets carbonés non recyclables** via les techniques actuellement disponibles ou refus de tri (CSR, DEA, plastiques complexes, etc.).



La pyrogazéification est **complémentaire aux autres voies de valorisation de déchets**. Son développement s'inscrit dans un cadre compatible avec le **respect de la hiérarchie de traitement** et **sans conflit** avec les voies de valorisation matière ou énergie actuellement développées en France :

• COMPLEMENTARITE METHANISATION & PYROGAZEIFICATION :

Les filières de pyrogazéification et de méthanisation sont **complémentaires en termes de ressources** : la méthanisation traite des matières fermentescibles humides et la pyrogazéification des biomasses lignocellulosiques et autres matières carbonées sèches (déchets non recyclables dont CSR).

Des **synergies** sont à développer entre ces filières pour profiter de ces complémentarités : par exemple, la valorisation des digestats de méthanisation par gazéification est pertinente dans

des contextes de retour au sol difficile pour optimiser la conversion de la matière carbonée en gaz.

• COMPLEMENTARITE INCINERATION DE DECHETS/COMBUSTION DE BIOMASSE & PYROGAZEIFICATION :

La pyrogazéification permet de convertir la matière entrante en un **composé énergétique** (solide, liquide ou gazeux) facilement exploitable alors que, dans un procédé d'incinération ou de combustion, cette ressource est directement valorisée sous forme de chaleur : cette conversion de la matière en composés énergétiques permet une **multitude de modes de valorisation**.

Autre différence majeure vis-à-vis de l'incinération de déchets ménagers : la filière de pyrogazéification se positionne sur des **ressources homogènes, préparées** et à **fort pouvoir calorifique**. Les **échelles visées** sont également différentes : on envisage un développement d'unités de pyrogazéification sur des **petites ou moyennes capacités** (traitant autour de 2 000 à 100 000 tonnes de déchets triés par an), cohérentes avec des **rayons d'approvisionnement local**.

3. QUELLES VOIES DE VALORISATION DES PRODUITS ?

Les voies de valorisation du syngaz sont multiples :

- **Thermique** : combustion du syngaz pour produire de la chaleur (ex : co-combustion dans un process industriel en remplacement direct d'un combustible fossile)
- **Cogénération** de chaleur et d'électricité
- **Méthane de synthèse** : ajout d'une brique de méthanation pour produire du CH₄ répondant aux spécifications des réseaux gaziers
- **Hydrogène** : extraction de l'H₂ contenu dans le syngaz / vaporeformage du syngaz
- **Carburants avancés** : gazéification puis conversion du syngaz en carburants liquides (méthanol, éthanol, diesel/jet fuel, etc.)

Ainsi, la pyrogazéification permet la production d'une énergie renouvelable **non intermittente**, facilement **stockable** et **transportable**. Son caractère **modulable** permet une **adaptation** facilitée aux ressources et besoins des territoires, le

développement de nouveaux modèles **d'économie circulaire** ou encore une production **décentralisée** de gaz renouvelable injectable dans les réseaux, d'H₂ ou de carburants avancés.

Par ailleurs, l'utilisation du **biochar** (co-produit dans les procédés de pyrogazéification ne convertissant pas la totalité du carbone contenu dans la biomasse en gaz de synthèse) comme **amendement agricole** connaît un fort développement et permet d'enrichir les sols en y **stockant du carbone à long terme**. De nombreuses autres utilisations (industrie, construction, cosmétique, etc.) se développent : le biochar peut par exemple être utilisé en métallurgie en **substitution du coke fossile**.

4. QUELS POTENTIELS ?

Récemment publiés, les scénarios prospectifs de NégaWatt et de l'ADEME montrent chacun la **place prépondérante que jouera la pyrogazéification** de biomasse ligneuse et de déchets carbonés non recyclables dans un futur mix énergétique neutre en carbone à horizon 2050 :

- **Production de méthane injectable** : en 2050, le potentiel pyrogazéifiable respectant la primauté des usages matière s'élève à près de 200 TWh_{PCS}. Compte tenu des besoins énergétiques projetés et des voies de valorisation énergétique des résidus (pyrogazéification, combustion, carburants liquides), les études publiées récemment tablent en 2050 sur un recours à la pyrogazéification de 55 TWh_{PCS} (Négawatt 2022) et 75 TWh_{PCS} (ADEME *Transition(s) 2050*). Pour autant, la maturité des différentes technologies, ainsi que les intérêts et enjeux respectifs des vecteurs chaleur, gaz et carburants liquides, rendent réaliste et atteignable un niveau de production de gaz issu de pyrogazéification de 90 TWh_{PCS}.
- **Production de (bio)carburants avancés** : les scénarios *Transition(s) 2050* démontrent que la pyrogazéification pour production de carburants avancés sera nécessaire à l'atteinte des objectifs de valorisation de déchets et de décarbonation de la mobilité (lourde notamment), ceci dans des proportions différentes selon les hypothèses respectives des 4 scénarios : 11,6 MtMS de biomasse lignocellulosique et de bois déchets sont ainsi valorisés dans les scénarios S3 et S4 et 3 Mt de CSR sont mobilisées pour augmenter la part de carburants liquides via la filière B-t-L (*biomass-to-liquid*).

Par ailleurs, dans sa récente étude « *Filières gazéification - Analyse des états de l'art et recommandations* », l'ADEME se positionne **en faveur du développement de la pyrogazéification**, notamment pour la production de chaleur et d'hydrogène :

- « il est préconisé de privilégier, dans un premier temps, les projets de **production de chaleur sur des sites industriels**, dans une logique d'économie circulaire (intrants biomasse ou déchets biomasse détenus par l'industriel, qui autoconsomme la chaleur) »
- « la **production d'hydrogène** par gazéification de biomasse pourrait être un débouché pour la filière, compte-tenu de la **compétitivité prometteuse de la gazéification** en comparaison de l'électrolyse sur des unités de taille territoriales ou régionales »

5. UNE FILIERE FRANÇAISE DYNAMIQUE

La pyrogazéification est une filière s'adaptant à un **large spectre de configurations territoriales**, tant en termes de ressources valorisables, de capacités et de modes de valorisation. Un **écosystème dynamique d'entreprises innovantes** est aujourd'hui prêt à déployer ces technologies sur le territoire et propose des solutions modulables permettant de valoriser une **large gamme d'intrants** via une production d'énergie (renouvelable ou de récupération) locale.

En parallèle, les **acteurs des territoires** (industriels, gestionnaires de ressources en recherche d'exutoires pour leurs sous-produits, etc.) reconnaissent dans ces technologies une nouvelle solution pour **valoriser des ressources locales** en manque d'exutoire et décarboner **leurs consommations d'énergies**.

Ainsi, de **nombreux projets** émergent en France et leurs porteurs ont **besoin au plus vite du soutien engagé des administrations** pour industrialiser la filière (voir cartographie des projets de production de CH₄/H₂ ci-après).



1. GAYA – Saint-Fons (69)
2. Salamandre – Le Havre (76)
3. Cairos Energies – Tranzé (Mans) (72) – H₂/CH₄
4. Cométhra – IDF
5. Synthane® – Compiègne (60)
6. Semardel – IDF – H₂/CH₄/Mix des deux
7. Hymoov – Montoir-de-Bretagne (44)
8. Titan V – Nantes (44)
9. Plainénergie – Villeurbanne (69)
10. R-Hynoca – Strasbourg (67) – H₂ uniquement
11. Prélude & Metha* – Audun le tiche (57) – CH₄/cogénération
12. Hynovera – Gardanne (13) – H₂/e-kérosène
13. Vitryhydrogène – Vitry le François (51)
14. Green Gas Provence – Istres (13)
15. Limoges (87)
16. Sitreva – Yvelines (78)

6. RECOMMANDATIONS & BESOINS

La filière de pyrogazéification française, dont les atouts environnementaux et énergétiques sont aujourd’hui largement reconnus par les acteurs des territoires, doit pouvoir bénéficier d’un **cadre réglementaire et financier** lui permettant d’engager son **passage à l’échelle commerciale**. Ainsi, les **recommandations de la filière** sont les suivantes :

- **Filière pyrogazéification :**
 - Inscrire la filière industrielle de pyrogazéification comme contributeur essentiel à la valorisation de déchets territoriaux (bois B, CSR) et à la décarbonation du mix énergétique français dans un objectif de neutralité carbone
 - Faire évoluer la nomenclature ICPE et ses AMPG associés afin de l’adapter aux technologies, échelles et produits des installations de pyrogazéification
 - Créer un groupe d’échange associant des services de l’État et les représentants des filières de production de nouveaux gaz (pyrogazéification, gazéification hydrothermale et méthanation/power-to-gas) afin d’assurer un point régulier de partage sur l’avancement des projets et les leviers nécessaires à leur développement
- **Production de chaleur :**
 - Rendre explicitement éligibles les procédés de pyrogazéification aux dispositifs de soutien à la production de chaleur décarbonée (Fonds chaleur – BCIAT, AAP Chaufferie CSR, AAP relatifs à la Décarbonation de l’industrie)
- **Cogénération chaleur-électricité :**
 - Relancer des AAP Cogénération afin de soutenir la production d’électricité par pyrogazéification

de déchets, notamment pour autoconsommation et dans les territoires ultra-marins où la production d’électricité est fortement carbonée

- **Production de méthane injectable :**
 - Inscrire dans la loi un objectif de production de 90 TWh_{PCS} de méthane de synthèse issu de pyrogazéification en 2050, avec un objectif intermédiaire de 6 TWh_{PCS} dès 2030
 - Déployer au plus vite les contrats d’expérimentation pour la production de biogaz utilisant des technologies innovantes (prévus par la Loi Energie-Climat) afin de soutenir les premières unités commerciales, en intégrant les déchets de bois à ce dispositif
 - Lancer des appels à projets permettant de soutenir des unités de production de méthane de synthèse par pyrogazéification de déchets non renouvelables
 - Etendre le dispositif des Certificats de Production de Biogaz aux filières biogaz innovantes
- **Production d’hydrogène :**
 - Inscrire dans la loi un objectif de production d’hydrogène issu de pyrogazéification de biomasse et déchets non recyclables
 - Rendre éligible la pyrogazéification de biomasse ou de déchets non recyclables aux dispositifs de soutien à la production d’hydrogène renouvelable ou bas-carbone, au même titre que l’électrolyse
- **Production de carburants avancés :**
 - Inscrire dans la loi un objectif de production de carburants avancés par pyrogazéification et mettre en place des aides à l’investissements adaptées à son déploiement

7. SYNTHÈSE & CONCLUSIONS

Réponse bienvenue à la **valorisation locale de déchets en manque d’exutoire** dans nos territoires, la filière pyrogazéification représente un outil clef de la **décarbonation du mix énergétique** français.

Un **écosystème d’entreprises** dynamiques est dorénavant et déjà en ordre de marche pour engager son passage à l’**échelle commerciale**. Ces acteurs ont aujourd’hui besoin d’une **reconnaissance et d’un soutien engagés des administrations** pour faire de cette solution technologique aujourd’hui mature une réalité de notre paysage énergétique.