

Biomass SynGas Energy

Combustibles Renouvelables Gazeux et Liquide

La biomasse constitue le plus important potentiel au sein des Energies Renouvelables

Les techniques les plus prometteuses pour produire de l'électricité et des bio carburants de deuxième génération sont :

- La gazéification de la biomasse (production de gaz synthétique (SynGas) mélange de CO+H₂).
- La liquéfaction de la biomasse.

Ces deux techniques sont encore peu développées, contrairement à la combustion .

**L'ambition de Biomass SynGas Energy
est de les développer industriellement.**



Les Energies renouvelables

- Le Vent :Eolien
- Le solaire
- La biomasse (tout ce qui a été vivant)

C'est l'ER au potentiel le plus important

- Valorisation de la biomasse
 - **Combustion** (en excès d'air \rightarrow CO_2 + Chaleur)
 - Développement important mais risques sanitaires. Mauvais rendement pour production électrique
 - **Méthanisation** (décomposition) ; en cours de développement.
 - **Gazéification** réaction thermo-chimique avec peu d'air \rightarrow

SynGas (CO+ H₂)

**Valorisation énergétique la plus efficace,
sous réserve de procédés efficaces**



COMBUSTION

Incitations en faveur de "l'Énergie Bois" → ALERTES SANITAIRES

- "La pollution due à la combustion du bois est une réalité aujourd'hui méconnue, voire occultée en France. Il est nécessaire pour les pouvoirs publics de se saisir à bras le corps de ce problème pour éviter qu'à l'horizon de dix ans, le bois ne devienne dans notre pays l'un des principaux contributeurs aux émissions les plus toxiques"
- *Philippe Richert, Vice président du Sénat (UMP, Bas Rhin)*
- "On risque de jeter le bébé avec l'eau du bain si on ne prend pas les mesures sanitaires dès maintenant ; pour les HAP (hydrocarbures aromatique polycycliques), Grenoble est proche de la valeur cible imposée par une directive européenne de décembre 2004".
- *Marie-Blanche Personnaz, directrice de l'association pour le contrôle de la prévention de l'air de la région grenobloise (ASCPARG).*
- "C'est une véritable bombe à retardement qui nous attend, similaire à ce qui s'est passé pour les incinérateurs. Le risque est d'autant plus grave que contrairement aux incinérateurs installés hors des cités, les grandes chaufferies sont construites en centre-ville, près des écoles, des maisons de retraite et des habitations".
- *Gabriel Ullmann, expert auprès de la cour d'appel de Grenoble pour les questions d'environnement.*



La Gazéification : L'orientation d'avenir

La gazéification de la biomasse est un procédé ancien qui permet d'obtenir un mélange de gaz combustibles : $H_2 + CO$, dans des proportions variables.

Les problèmes essentiels sont :

- La formation de goudrons,
- La formation de particules (pour les procédés de gazéification flash, (utilisant un caloporteur).

Deux voies de recherche sont apparues ces dernières années :

- **Accepter la formation de goudrons et de particules et purifier les gaz**
 - Gros réacteurs pour amortir le coût élevé de la purification des gaz. (Orientation analogue à celle des incinérateurs).
 - Pollution atmosphérique par le transport sur de grandes distances.
- **Développer un procédé évitant la formation de goudrons et de particules**
 - **Possibilité de construire de petits réacteurs implantables sur le lieu de production de la biomasse ou sur le lieu d'utilisation de l'énergie.**



Procédé DeLaCotte : Cracking du gaz pyrolytique

Fonctionnement

Prélevé au haut du réacteur vertical, le gaz est craqué à 1100°C (faible quantité d'air) dans une enceinte, puis injecté au centre du réacteur.

- 1/4 des gaz monte → maintien de la pyrolyse,
- 3/4 descendent → réaction avec C.
- → SynGas.

La teneur en goudron est passé de 1400ppm à 48ppm

Schéma réacteur DeLacotte

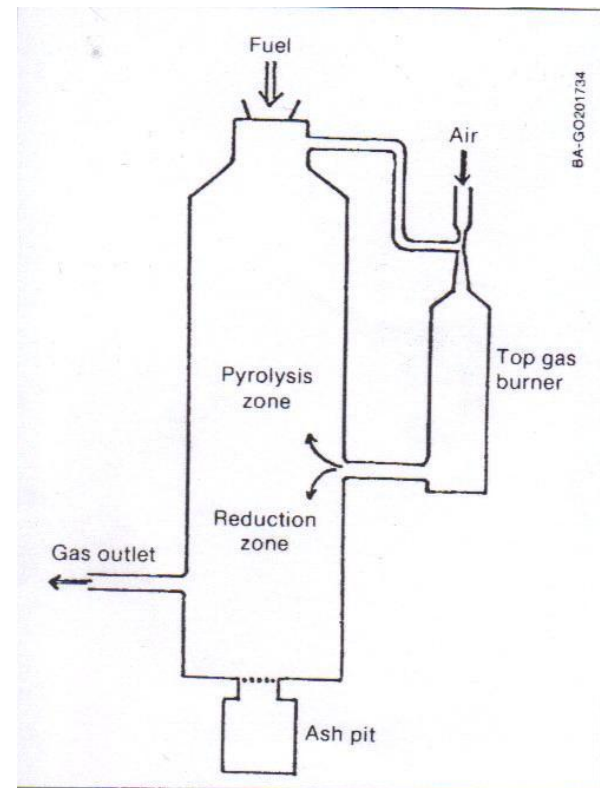
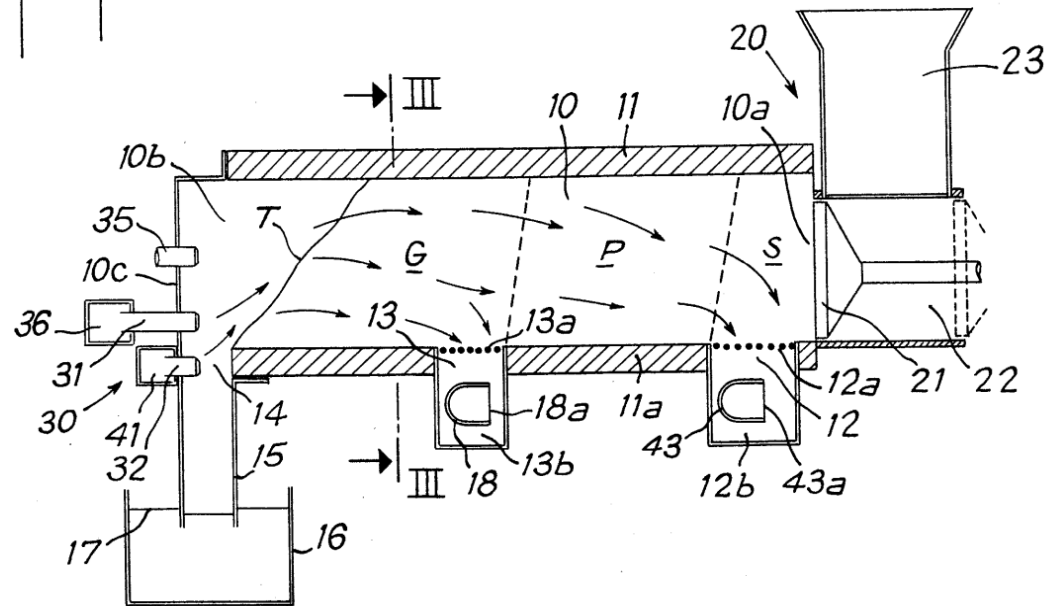


Fig. 5-15. DeLaCotte tar recycling gasifier (Source: Kaupp 1984a, fig. 133)

Amélioration du procédé DelaCotte :

CNEEMA : Centre National d'Etude et d'Expérimentation du Machinisme Agricole
Cracking du gaz pyrolytique recyclé, Réacteur horizontal.

Fig. 2



Fonctionnement du procédé CNEEMA

- La biomasse est introduite à travers (23) et se déplace horizontalement, grâce au piston à mouvement alternatif (22).
- Le gaz pyrolytic produit dans la première section du réacteur (section P) est extrait à travers l'ouverture (43) par un extracteur.
- Il est craqué à travers le brûleur (36) avec une faible quantité d'air.
- Le gaz pyrolytic craqué + la vapeur d'eau générée par l'humidité de la biomasse, réagit avec le carbone actif, formée dans la phase pyrolytique.
- Le SynGas est alors extrait à travers l'ouverture (18).

Dans le procédé CNEEMA :

- **La Biomasse circule horizontalement,**
- **Les gaz traversent la biomasse perpendiculairement par extraction à travers deux ouvertures.**
- **Le gaz pyrolytique est craqué → Gaz synthétique exempt de goudron.**



Avantage et limite du procédé CNEEMA

AVANTAGE S :

Réacteur compact.

SynGas exempt de goudron.

Un prototype de **1m x 4m, testé pendant 1 an, à traité 1T/H de biomasse** et a permis d'alimenter directement un moteur à combustion interne,

démontrant la pureté du SynGas.

Limite :

Le brevet insistait sur la nécessité de placer le brûleur au pied du talus pour que le gaz circule conformément aux flèches.

Le gaz circule en fait dans la zone à faible perte de charge (Ciel du réacteur) **et ne pénètre dans la biomasse qu'à l'aplomb des deux ouvertures.**

Traitement de la biomasse par le gaz craqué limitée au volume à l'aplomb de chaque ouverture (# 1/3 de chaque zone)



Tentative de CNEEMA pour augmenter la puissance du réacteur horizontal. Et gazéification de la biomasse pulvérulente.

- **Tentative d'augmentation de la puissance du réacteur.**

Pour tenir compte de la réduction de hauteur de la biomasse, un prototype a été construit dans lequel la biomasse circule horizontalement mais le réacteur a été découpé en secteurs à hauteur de biomasse homogène comportant un extracteur par secteur et autant de ciels séparés. Ce prototype a été un échec car il s'est avéré très difficile d'ajuster le cracking du gaz pyrolytique dans des ciels séparés.

- **Tentative de gazéification de biomasse pulvérulente.**

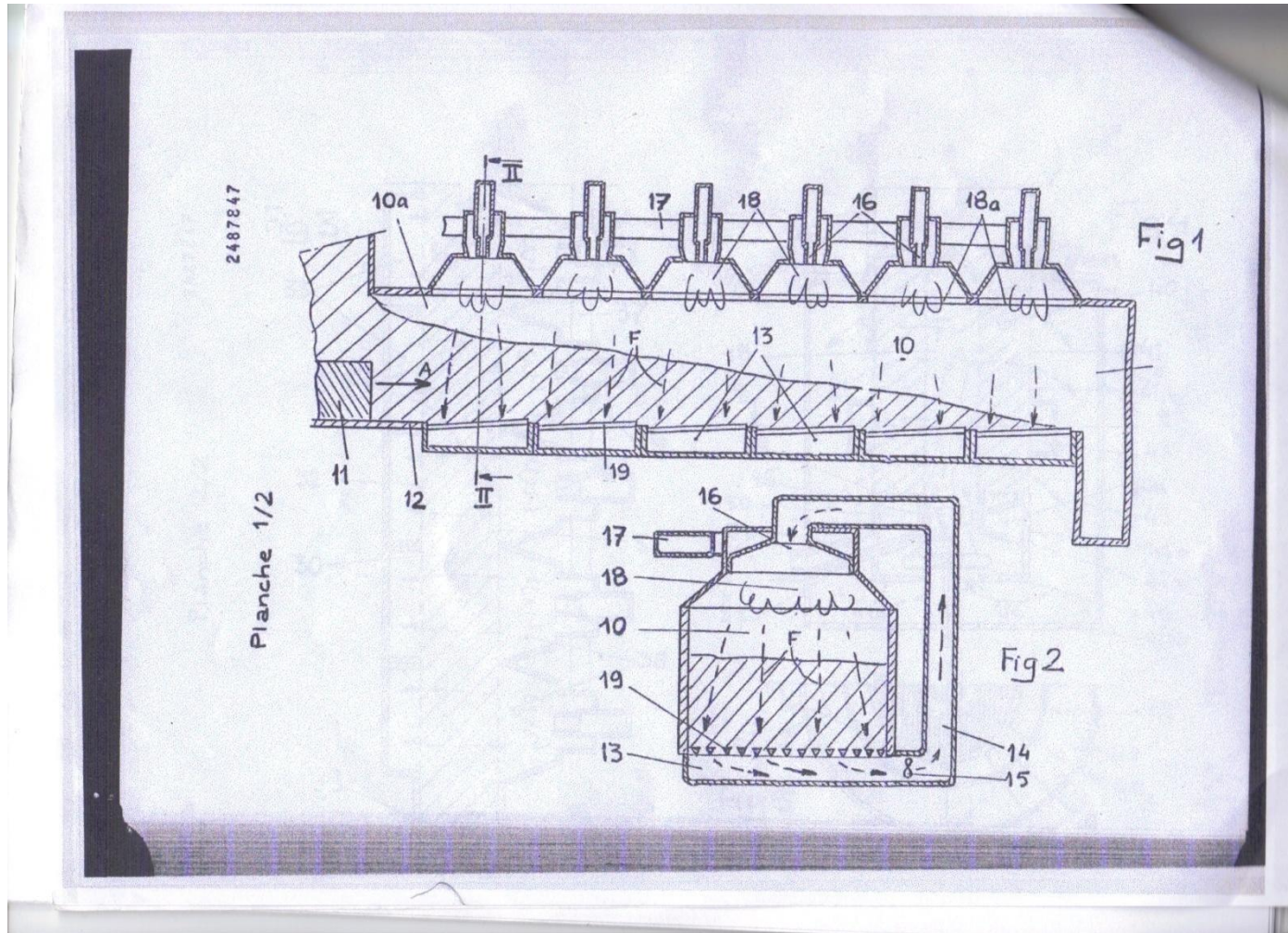
La biomasse pulvérulente était de la paille hachée et elle était injectée dans un fluide gazeux chaud circulant. La biomasse a été gazéifiée mais le SYNGAS ainsi obtenu n'a pas permis d'alimenter un moteur à combustion interne.

On sait maintenant que toute gazéification flash entraîne la formation de particules.

Les essais réalisés ultérieurement et notamment par Creusot Loire (licencié) n'ont pas permis d'augmenter la puissance du réacteur CNEEMA par rapport au prototype de 1978, ni de résoudre le problème de la biomasse pulvérulente.



BREVET CNEEMA 1980 Tentative de solutionner le variation de perte de charge en accolant de petits réacteurs, chacun avec son ciel → ECHEC.



Réacteur Gasif-Pure ® à un étage
Compensation perte de charge décroissante par perte de charge croissante
par réduction des ouvertures de l'amont vers l'aval
Traitement de toute la biomasse → Augmentation de puissance

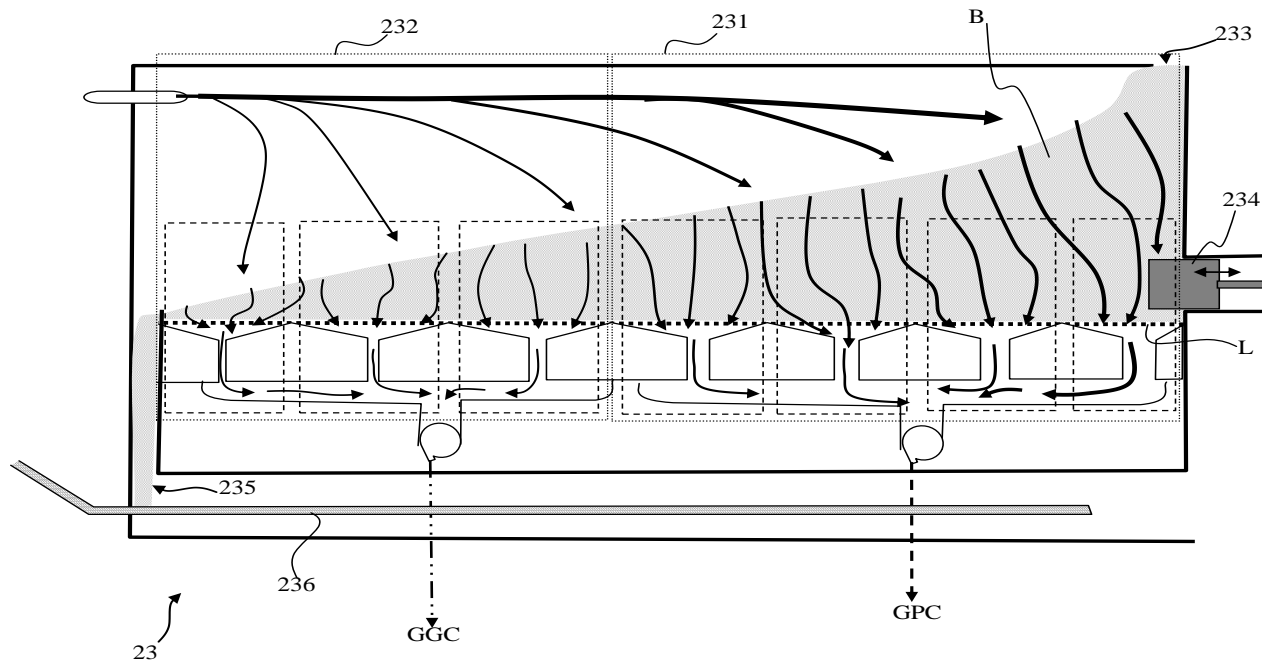


Fig. 5

Réacteur Gasif-Pure® à un étage

Traitement de toute la biomasse → Augmentation de la puissance

- La puissance d'un réacteur horizontal type CNEEMA est liée à l'efficacité du chauffage de la biomasse.
- Pour traiter toute la biomasse et pas seulement celle perpendiculaire aux deux ouvertures du procédé CNEEMA,

Gasif-Pure® compense **automatiquement** la décroissance de la perte de charge de l'amont à l'aval du réacteur, liée à la transformation progressive de la biomasse en gaz, par une perte de charge croissante.

- **Augmentation du volume de biomasse traitée → augmentation de la puissance du réacteur à dimensions constantes.**
- **Le gain de puissance doit être mesuré expérimentalement.**



Réacteur Gasif-Pure® à 2 étages

Doublement du volume de biomasse à longueur constante
→ Doublement de la puissance

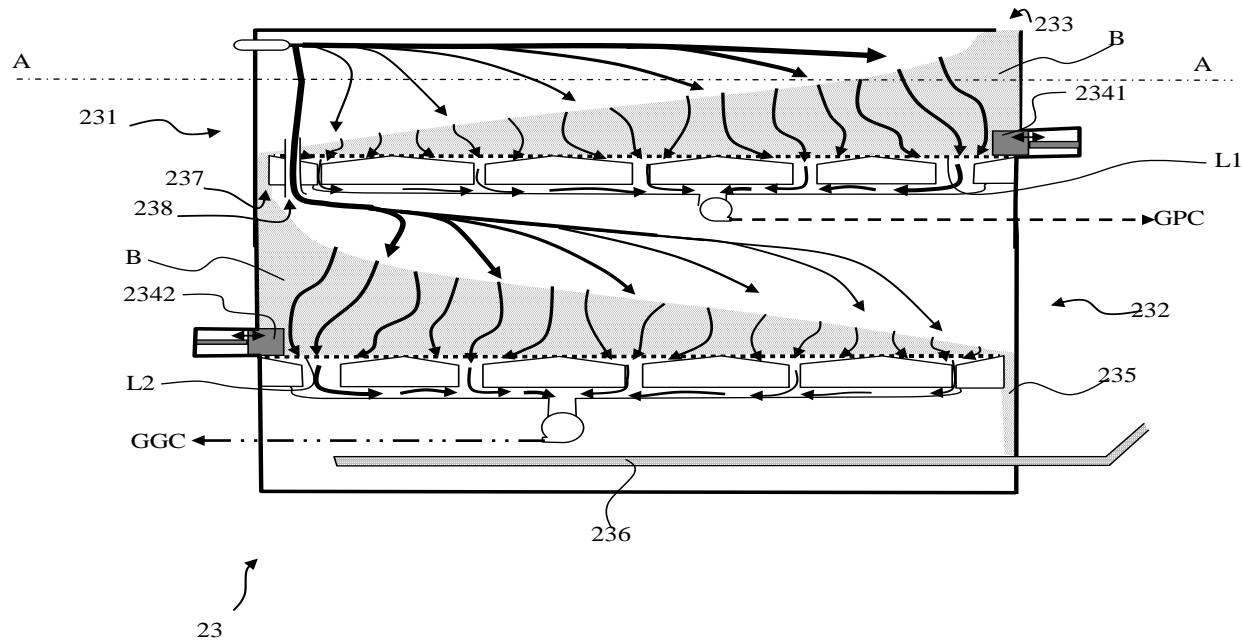


Fig. 6

Estimation des rendements énergétiques

Réacteur CNEEMA 1m x 4m → 1MW_é + 2MW_{therm}

Un réacteur CNEEMA 2m x 4m produira le double → 2MW_é + 4MW_{therm}

Un réacteur CNEEMA à double étage est l'équivalent d'un réacteur de 2m x 8m

Doublement de l'énergie produite → 4MW_é + 8MW_{therm}.

Passage d'une configuration CNEEMA à Gasif-Pure :

On traite toute la biomasse et pas seulement celle qui est à l'aplomb des ouvertures → gain certain de puissance mais combien ? → à mesurer expérimentalement.

Si proportionnel au volume possibilité triplement

Hypothèses de l'énergie produite dans l'attente de confirmation expérimentale :

Augmentation de 50% de l'énergie produite : 6MW_é + 12MW_{therm}.

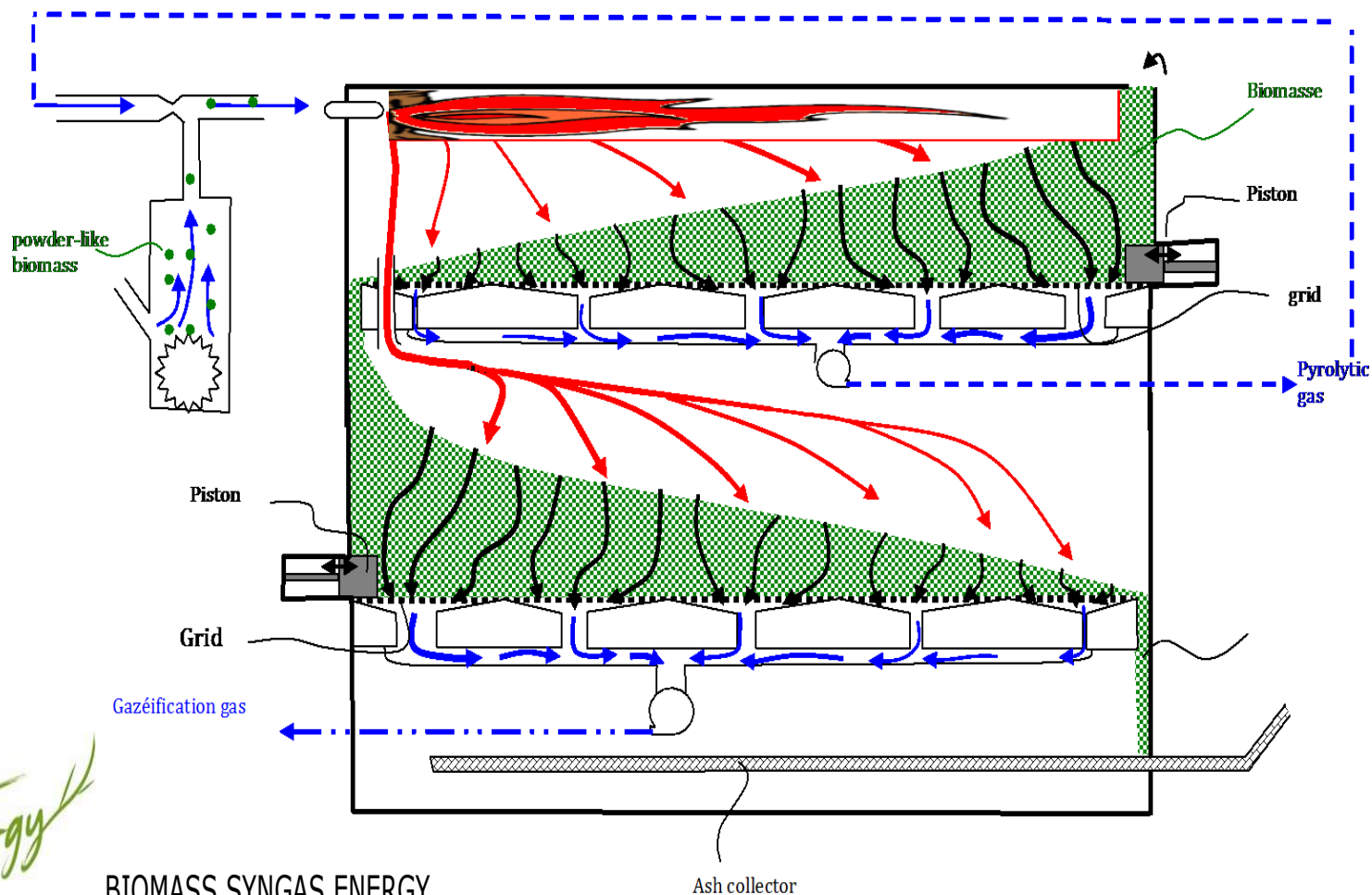
Si doublement de l'énergie produite → 8MW_é + 16MW_{therm}.

Si triplement de l'énergie produite → 12MW_é + 24MW_{therm}.



Réacteur Gasif-Pure® pour biomasse dense et pulvérulente. Gazéification flash biomasse pulvérulente → particules Filtration par carbone actif biomasse dense.

powder-like biomass (Fig 3).



Réacteur Gasif-Pure® pour biomasse dense et pulvérulente.

L'utilisation simultanée de biomasse pulvérulente et dense permet d'augmenter la puissance générée par le réacteur, sous réserve de respecter un ratio entre la biomasse pulvérulente et la biomasse dense pour que la biomasse dense constitue effectivement un filtre pour les particules émises par la gazéification flash de la biomasse pulvérulente.

Dans l'attente de résultats expérimentaux,

on peut supposer que cette filtration sera effective si le ratio ne dépasse pas 1/3 de biomasse pulvérulente pour 2/3 de biomasse dense.

Si ce ratio était vérifié expérimentalement on peut escompter

Une augmentation de la puissance d'1/3 par l'utilisation combinée de biomasse pulvérulente et dense

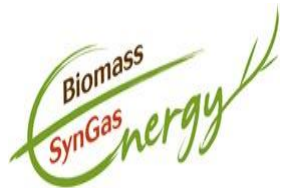


**Après le contre choc pétrolier,
toutes les recherches ont été arrêtées dans le monde**

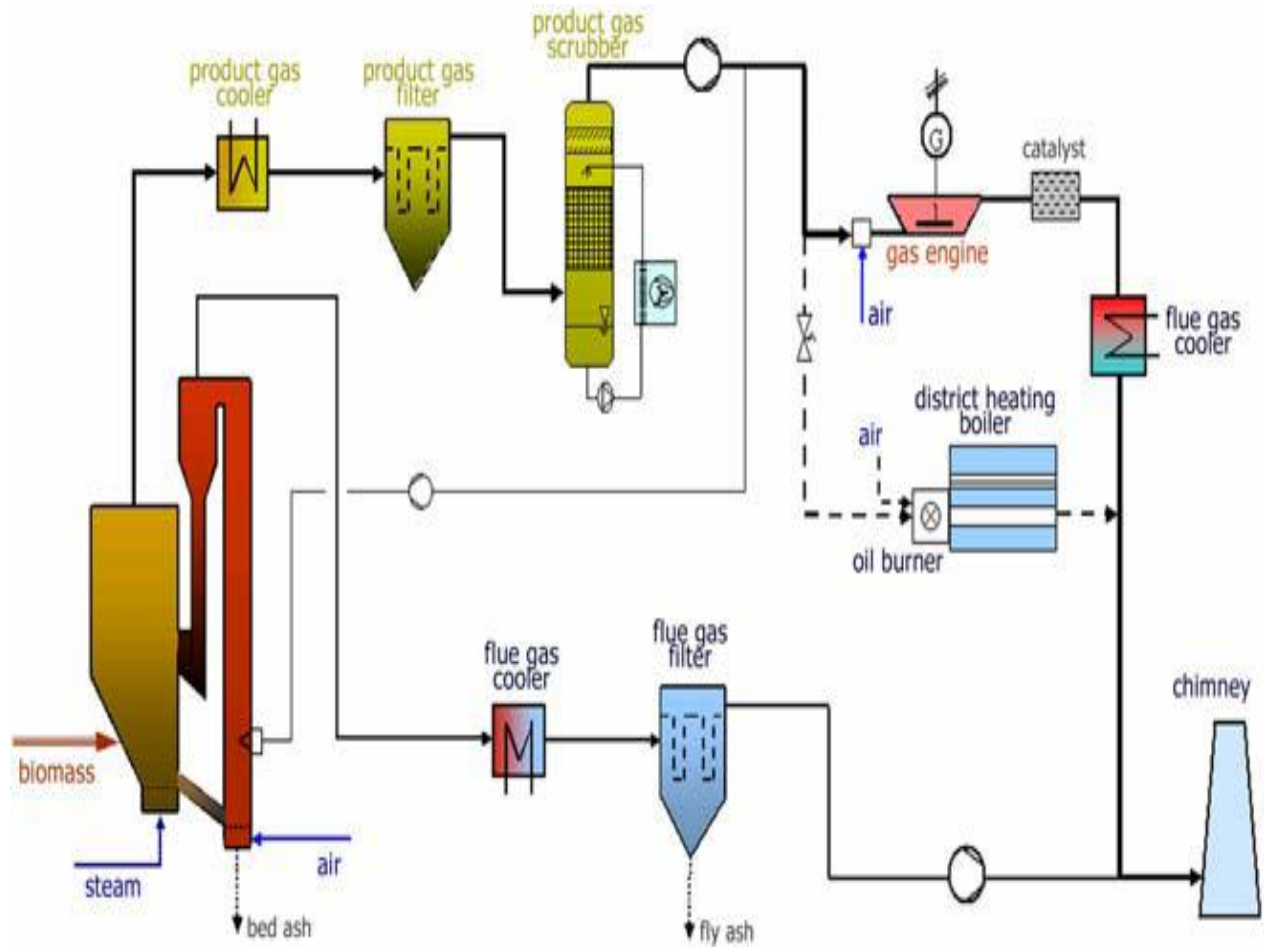
Depuis quelques années des recherches intensives se sont développées dans le monde, mais aucune équipe n'a repris l'approche DeLaCotte et celle du réacteur horizontal CNEEMA.

Les deux procédés généralement considérés comme les plus intéressants sont:

- Le procédé REPOTEC testé à Güssing (Autriche).**
- Le procédé Carbo-V de Choren (Allemagne).**



PROCEDE REPOTEC (Güssing)



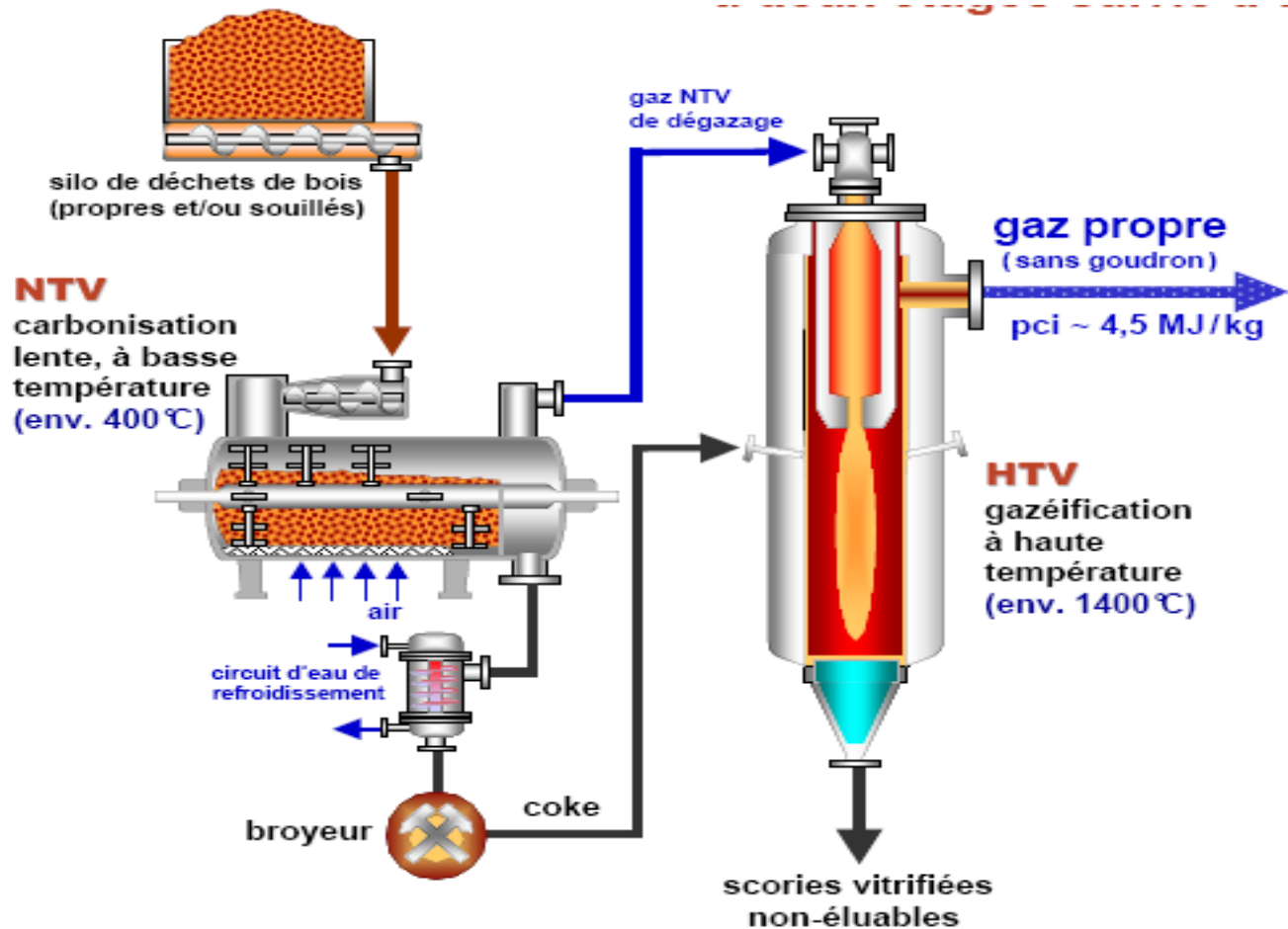
Procédé Repotec

INCONVENIENTS :

- **Gazéification à basse température (850°C)**
 - gaz chargé de goudron.
- **Gazéification flash, grâce au caloporteur (sable) porté à 950°C .**
 - Gaz chargé de particules (idem pour toute gazéification flash)
- **Juxtaposition de deux procédés différents (combustion + Gazéification)**
 - 2 circuits séparés d'épuration des gaz.
 - Coût d'exploitation élevé
 - Réacteur volumineux
 - transport de biomasse sur grande distance,
 - Pollution atmosphérique.



PROCEDE CARBO-V de CHOREN



Avantages et inconvénients du procédé CHOREN

- **Avantage :**
- Le gaz est exempt de goudron grâce au craquage à haute température.
- **Inconvénients:**
- **Mauvais rendement énergétique**
 - Pyrolyse en lit fixe + refroidissement + broyage coke + gazéification
- **Gaz chargé de particules (gazéification flash).**
 - Eputation sophistiquée des gaz.
- **Réacteurs volumineux.**
 - Pollution atmosphérique par transport biomasse sur grandes distances



Commentaires sur les procédés REPOTEC ET CHOREN

Ces procédés semblent avoir spécifiquement visé les combustibles liquides de 2^{ème} génération :

- **Absence d'azote**

- **Repotec** : combustion + caloporteur + gazéification à la vapeur d'eau.

- **Choren** : gazéification flash à l'oxygène.

- Très grande pureté des gaz recherchée par purification du gaz de synthèse (grande sensibilité des catalyseurs)

- → Procédés mal adaptés aux autres applications,

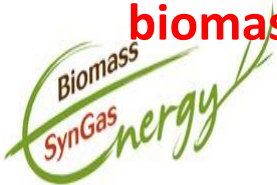
- → Grosses installations pour amortir le coût d'épuration très poussée.

Evolution récente des combustibles liquides de 2^{ème} génération.

Pour amortir l'épuration des gaz, nécessité de traiter 2MTonne/an de biomasse.

Orientation inacceptable → Transformer localement la biomasse en liquide et transporter la biomasse liquide à la bioraffinerie.

→ Les Procédés Repotec & Choren (SynGas sans azote) ne sont plus adaptés à la nouvelle orientation impliquant une transformation préalable de la biomasse en liquide.



La gazéification de la biomasse.....Un challenge technologique

Les procédés existants ne répondent pas aux besoins Gasif-Pure® OUI

- Réacteur compact ✓
 - Implantation chez le consommateur.
- Gaz exempt de goudron et de particules ✓
 - Coût faible d'épuration du gaz synthétique.
- Utilisation de la biomasse sans préparation ✓
 - Gain d'énergie et donc de coût.
- Utilisation de biomasse dense & pulvérulente ✓
 - Adaptabilité à la biomasse disponible localement.
- Modulation aisée de l'énergie produite. ✓
 - Adaptabilité aux besoins énergétiques locaux.
- Combinaison avec la liquéfaction de la biomasse ✓
(Autre procédé breveté utilisant le même réacteur)
 - Facilitation du transport et du stockage de la biomasse.

Intérêt d'ARKEMA pour la cogénération Gasif-Pure®

- En tant que gros utilisateur de vapeur à haute pression, ARKEMA s'est intéressé à la cogénération à partir du réacteur à deux étages Gasif-Pure®.
 - Le SynGas produit devait alimenter un moteur à combustion interne couplé à un alternateur et produire au moins **5MWé et 10Mwtherm**.
 - Les études prévisionnelles établies en liaison étroite avec les Directions scientifiques, Energie et Financière d'ARKEMA ont montré que l'investissement global serait compris entre 8 et 10M€ pour produire 5MWé + 10MWtherm.
 - ARKEMA devait acheter l'énergie thermique à 25€/MWtherm ; l'électricité devant être vendue à EDF à 125€/Mwé., la biomasse étant achetée à 65€/T.
 - **Sur ces hypothèses le Retour sur Investissement était de 1,84 ans pour un investissement de 8M€, et de 2,30ans pour un investissement de 10M€.**
- La marge dégagée sur 20 ans, durée normale du contrat EDF était de 87M€.**



La Direction Générale d'ARKEMA ne retient pas le projet dans les priorités d'investissement.

Le projet approuvé par les directions Scientifique, Energie et Financière n'a cependant pas été retenu dans les investissements prioritaires établis par la Direction Générale d'Arkema et nous avons reçu le Mail suivant en mars 2011.

"Indépendamment des avantages de la technologie, l'analyse qui en est faite est que ce n'est pas le rôle d'Arkema que d'investir dans des technologies de production d'énergie, car Arkema ne se voit pas en bailleur de licence, et ne vendra pas non plus des unités clés en main. Etant donné les capacités d'investissement d'Arkema qui restent trop limitées, les décisions sur les projets d'investissement sont très sélectives. Croyez bien que je regrette que l'on ne puisse pas mener plus loin ce projet.

Jean-Luc Dubois

Directeur Scientifique«

Cette étude démontre néanmoins la rentabilité d'un tel projet.



BIOMASS SYNGAS ENERGY

Combustibles liquides de 2ème génération

Option classique → Gazéification + Fischer Tropsch

- Catalyseur Fischer-Tropsch (FT) , très sensible à toutes impuretés, → nécessité purification importante du SynGas.
- Amortissement purification importante du SynGas, → nécessité bioraffinerie très importante.
- D'après Sofiprotéol, la bioraffinerie FT doit traiter 2 millions tonnes/an pour amortir la purification du SynGas.
- Transport biomasse solide sur grandes distances , inacceptable
→ liquéfaction préalable de la biomasse par pyrolyse Flash sur le lieu de production de la biomasse → Nécessité de réacteurs de liquéfaction compacts implantables sur les sites de production de la biomasse et capables de traiter 10 à 20 tonnes T/H.
→ Procédés de gazéification FT se révèlent inadaptés du fait de la nécessité de liquéfaction à la production de biomasse.

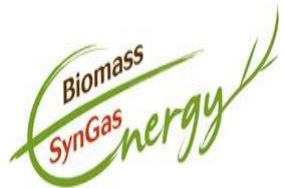
Alternative à Fischer-Tropsch → Biomass to Liquid (BtL).

- La gazéification + Fischer-Tropsch nécessitant une liquéfaction préalable décentralisée pour faciliter le transport et le stockage de grandes quantités de biomasse → **Solution alternative BtL par Pyrolyse Flash.**
- Suivant les modalités de température de la pyrolyse et de la vitesse de refroidissement, formation dans des proportions différentes de :
- Liquide (BioHuile)
- Solide (Coke)
- Gaz combustible non condensable.

La Biohuile est un liquide contenant de l'eau mais sans séparation de phases.

La Biohuile brute, par analogie au pétrole brut, est un mélange de polymères oxygénés qui peut être utilisé dans l'état en tant que combustible, ou être raffiné suivant les techniques classiques du raffinage du pétrole.

C'est la voie la plus prometteuse pour la production de combustibles liquides de deuxième génération.



PROCEDES BtL

Il existe deux procédés importants BtL (Canada / USA).

ENSYN et DYNAMOTIVE

ENSYN utilise un caloporteur constitué par du sable

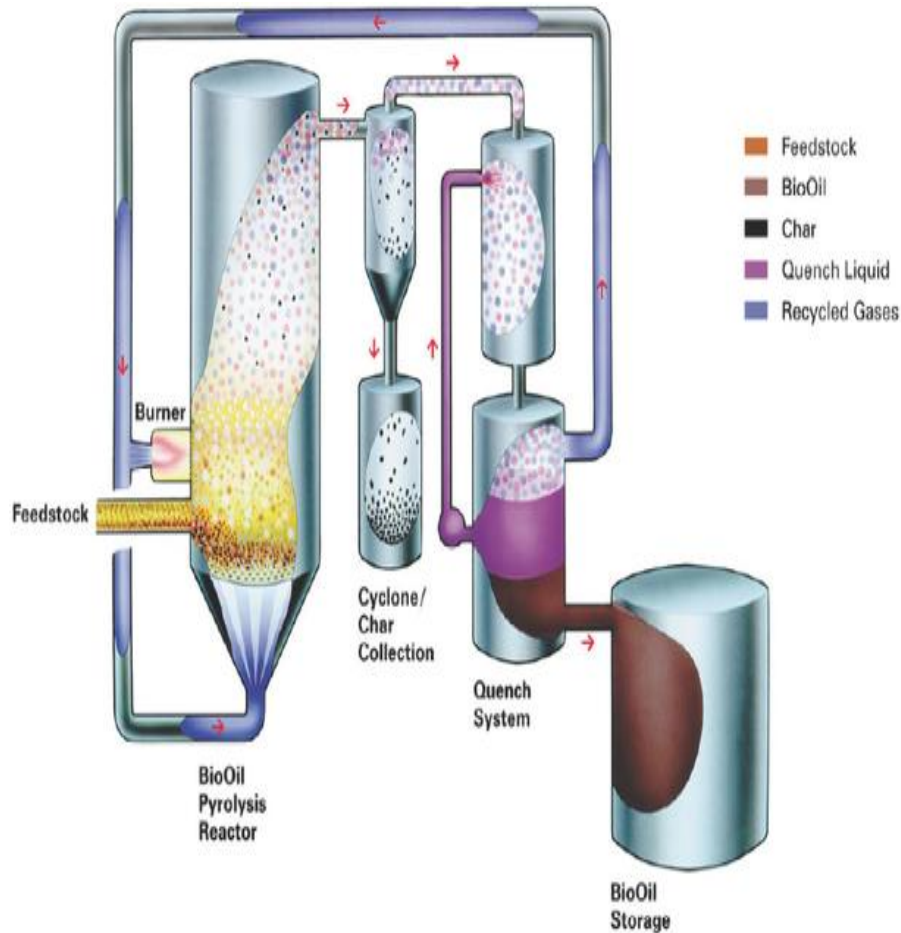
DYNAMOPTIVE injecte la biomasse pulvérulente dans un courant de gaz chaud chauffé en recyclant le gaz combustible non condensable.

Ensyn est la plus ancienne des deux sociétés BtL.

- Elle a visé au départ la production de molécules d'intérêts (exhausteur de goût, substituts au phénol),
- **ENSYN et Dynamotive** commercialisent l'huile brute.
- Elles ont toutes les deux, en outre, un programme de R&D en cours pour le raffinage du **biopétrole issu de la biomasse**.



Alternative à la gazéification + Fischer Tropsch Production directe d'huile pyrolytique par Pyrolyse Flash



- **Procédé Dynamotive**
- La biomasse finement broyée, est chauffée rapidement dans un gaz chaud (500°C), passe dans un cyclone pour séparer les particules de charbon et est refroidi rapidement.
- Suivant les modalités de température de pyrolyse et de vitesse de refroidissement formation dans des proportions différentes de :
 - liquide (BioOil)
 - Solide (Carbone = coke)
 - Gaz non condensable.

Expérience Dynamotive

Dynamotive déclare que :

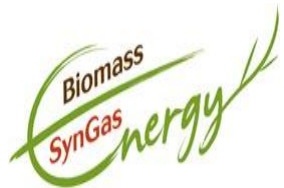
BioOil est un liquide contenant 20 % d'eau mais pas sous forme d'une phase séparée. Il peut être transporté à l'état liquide et il est inflammable. Il évolue lentement à la température ambiante, ce qui n'empêche pas le stockage du fait de la cinétique lente d'évolution.

BioOil Plus est un produit obtenu en mélangeant BioOil (80%) avec la phase solide (20%) (carbone = Coke) de la pyrolyse flash.

Le pouvoir calorifique de BioOil Plus est équivalent à celui du gaz naturel.

BioOil Plus peut être utilisé pour alimenter des fours classiques en compétition avec le fuel, le fuel lourd, le gaz naturel.

Il est possible de raffiner le BioOil par des techniques de raffinage du pétrole brut dont l'hydrotraitement pour réduire la teneur en oxygène du BioOil



Procédé BtL Gasif-Pure®

Le procédé BtL Gasif-Pure®, permet les mêmes réalisations que les procédés ENSYN et Dynamotive et se caractérise en outre par les éléments suivants :

- Pas de caloporteurs ni solide ni gazeux → Réacteur BtL compact.
- La biomasse est chauffée par la circulation du gaz pyrolytique craqué → Coût de la préparation spécifique évitée.
- La biomasse peut être utilisée à l'état solide, ou à l'état pulvérulent, suivant l'état initial → Adaptation à l'état de la biomasse disponible localement.
- Le gaz pyrolytique, ayant été préalablement craqué à haute température avant d'être refroidi rapidement → Les polymères formés par trempé isotherme ont un poids moléculaire plus faible que dans les procédés concurrents → Le raffinage du Biopétrole issu de la biomasse devrait en être facilité.
- Le réacteur Gasif-Pure® peut être utilisé simultanément ou successivement en gazéifieur ou BtL → disponibilité d'H₂ pour désoxydation des polymères



Réacteur combiné Gasif-Pure® Gazéification et Liquéfaction.

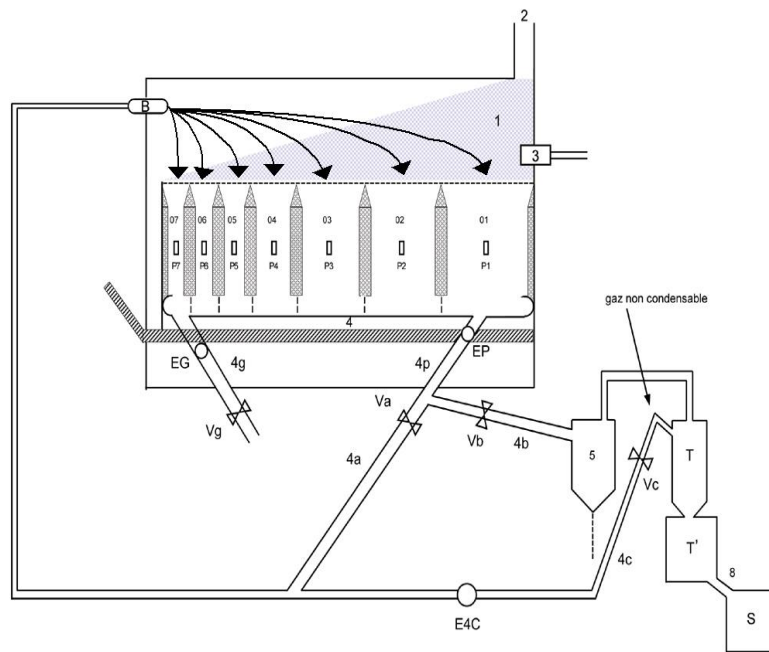


Fig. 4

1. Fonctionnement en gazéification.

Vb et Vc fermés

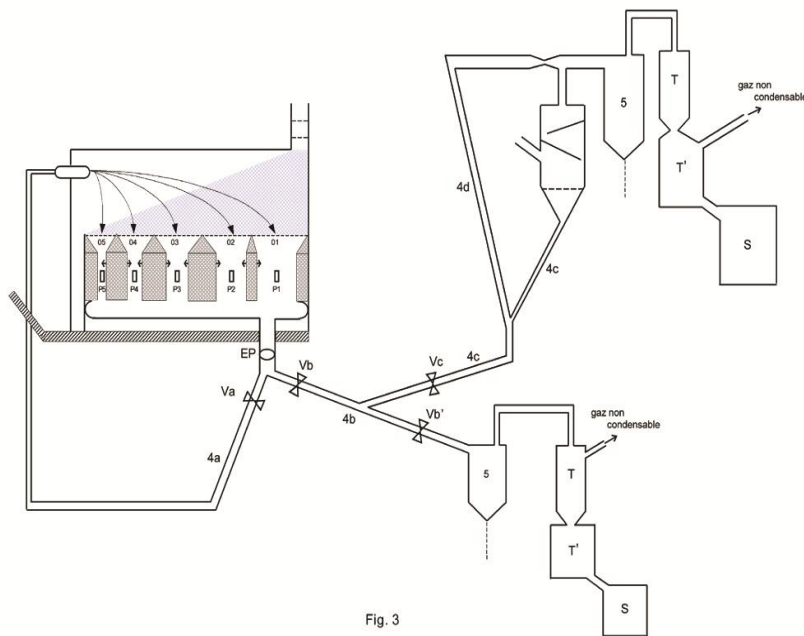
Vg ouvert.

2. Fonctionnement en liquéfaction

Vg fermé

Vb et Vc ouvert

Pyrolyse Flash Biomasse solide + pulvérulente



Equipement en haut à droite:

- Biomasse pulvérulente fluidisée .
- Parachèvement par contact avec chicanes chaudes.
- Gaz pyrolytique entraîné par effet venturi.
- Possibilité d'interposer un échangeur (non représenté) et d'utiliser un autre gaz chaud.

Applications du procédé BtL Gasif-Pure®

Les applications du procédé BtL Gasif-Pure® sont les mêmes que celles des procédés ENSYN et Dynamotive.

Il est donc possible de Commercialiser immédiatement :

- Le BioOil Gasif-Pure® en tant que combustible liquide pour alimenter des chaudières, en combinaison avec des combustibles fossiles.
- Le BioOil Gasif-Pure® Plus, en mélangeant le coke formé au BioOil, pour former un combustible liquide ayant un pouvoir calorifique équivalent au Fuel et au gaz naturel en substitution au fuel, au charbon et au gaz naturel.

Et de lancer des programmes R&D

- d'extraction de molécules d'intérêt
- de raffinage du Biopétrole issu de la biomasse.



Utilisation du réacteur Gasif-Pure® combiné

Le réacteur Gasif-Pure® combiné peut être utilisé

1. **En tant que Gazéifieur** générant du SynGas utilisé en tant que combustible gazeux alimentant des installation de chauffage existant.
2. **En Co-Cogénérateur** permettant de valoriser la chaleur et l'électricité.
3. **En mode combinée gazéifieur / liquéfieur, mis en œuvre simultanément ou successivement**, et permettant notamment de stocker l'énergie produite sous forme liquide.
4. **En producteur de BioOil ou de BioOil Plus** vendable dans l'état.
5. **En matière première R&D** pour la production de molécules d'intérêt.
6. **En matière première R&D** pour la production de diesel par raffinage direct du BioOil.
7. **En matière première R&D** pour l'alimentation d'une bioraffinerie FT, si cette technique finit par voir le jour.



Etat de nos brevets.

- **Brevet gazéification :**
 - Publication FR 29 16 760 (05/12/2008 - accordé) ;
 - Publication EP 21 71 019
- **Brevet liquéfaction :**
 - publication FR 29 42 803 (10:09/2010)

