

**INTRODUCTION / CONTEXTE**

La biomasse est l'énergie renouvelable la plus utilisée dans le monde, essentiellement pour le chauffage, mais son potentiel de conversion en électricité ou en biofuel est encore peu exploité. En France, les centrales à biomasse représentent 1,3 % de la production des énergies renouvelables soit 7 TWh par an, et pour la plupart utilisent la combustion de déchets ménagers pour produire leur énergie (source EDF). Cette étude s'intéresse à la transformation de culture énergétique (*miscanthus*) en électricité et/ou en biofuel en France. L'objectif est, dans un premier temps, d'estimer le coût de vente de l'électricité et du biofuel et de les comparer aux prix du marché pour déterminer si la solution est rentable. Dans un second temps, il s'agit d'estimer les émissions de gaz à effet de serre engendrées durant toute la durée de vie de la biomasse (Analyse Cycle de Vie), de la pousse à la conversion, en passant par la culture et le transport.



← Photos de la centrale biomasse de Metz-Chambière  
L'énergie produite est issue du bois (produit localement) ; ce matériau présente un bilan neutre pour l'environnement. [8]

Les déchets sont une source de biomasse

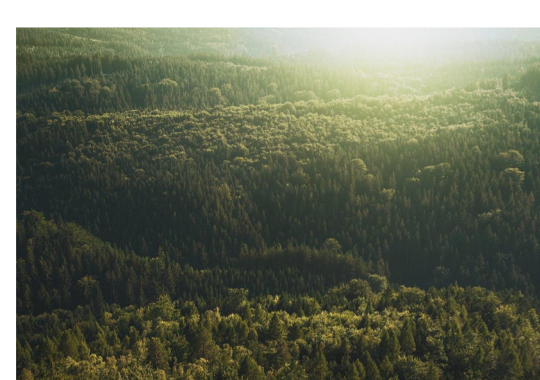


**Les cultures énergétiques**

Les terres marginales peuvent être mises en valeur par des cultures énergétiques. En effet, la culture de plantes particulières, telles que l'herbe à éléphant (*miscanthus*) ou encore des plantes ligneuses telles que le saule, est un moyen de produire de la chaleur ou de l'électricité de manière plus durable. Cette valorisation est effectuée soit en brûlant directement les plantes comme biocombustibles, soit en les transformant en biocarburants tels que le bioéthanol.



Miscanthus



← Il est aussi possible de dédensifier certaines forêts trop denses, afin d'éviter des incendies aux dommages plus élevés si la forêt est très dense. Ce procédé est déjà utilisé, en particulier aux Etats-Unis (au Colorado) ; la biomasse ainsi produite est ensuite revalorisée. [7]



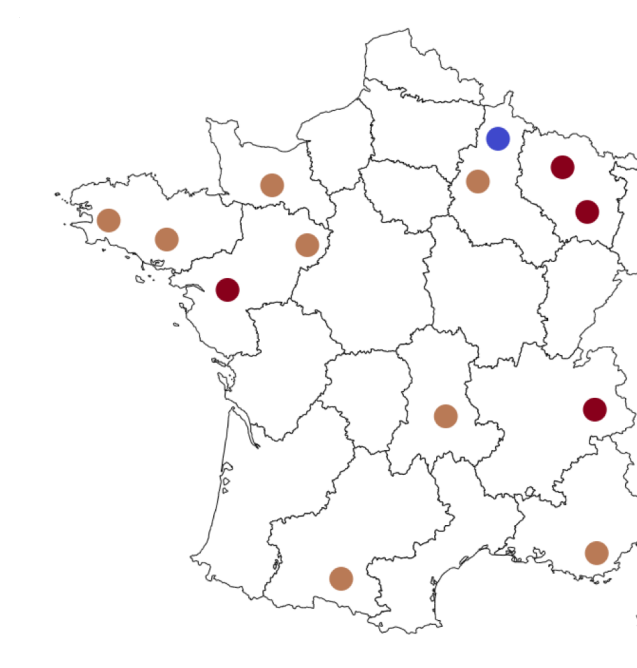
Incendie à Istres (France)

**Transport**

Ensuite, il faut acheminer la biomasse jusqu'à la raffinerie. Pour minimiser le coût du transport de la biomasse, il faut compter sur la production régionale. On estime que pour une raffinerie à miscanthus dans la région Centre, la biomasse devra parcourir jusqu'à 168 km<sup>6</sup>. Le coût du transport de la biomasse représentera alors 16 millions d'euros annuels soit plus de 20% du prix du miscanthus, et émettra 6000 tonnes de CO2 par an. Bien sûr, implanter l'usine à côté d'une concentration de champs de miscanthus ou d'une usine ayant pour déchet de la biomasse permettrait de baisser ces coûts.

**Un exemple**

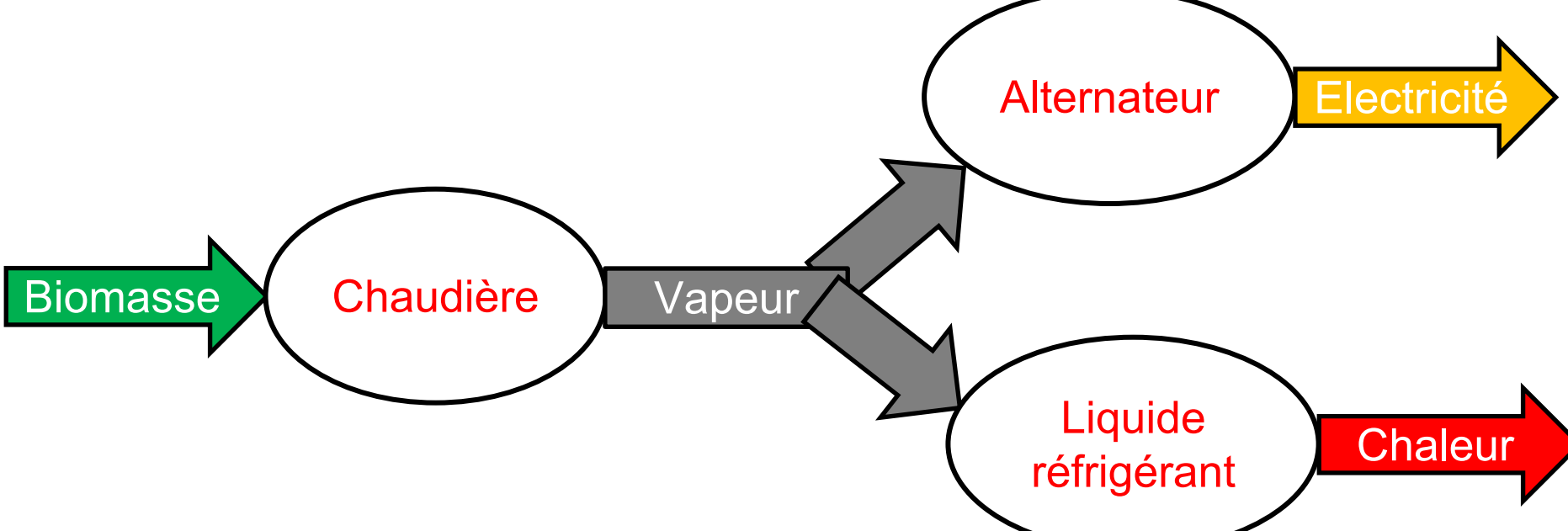
En France, plusieurs appels d'offres ont été réalisés dans le but de développer des centrales de cogénération à partir de biomasse. 14 projets sont désignés comme lauréats (représentant un volume de 74,1 MW). Ils bénéficient du soutien de l'état. [9]



Carte des projets retenus :

● Bois énergie - installations de moins de 3 MW  
● Bois énergie - installations de plus de 3 MW  
● Méthanisation

**Combustion directe**

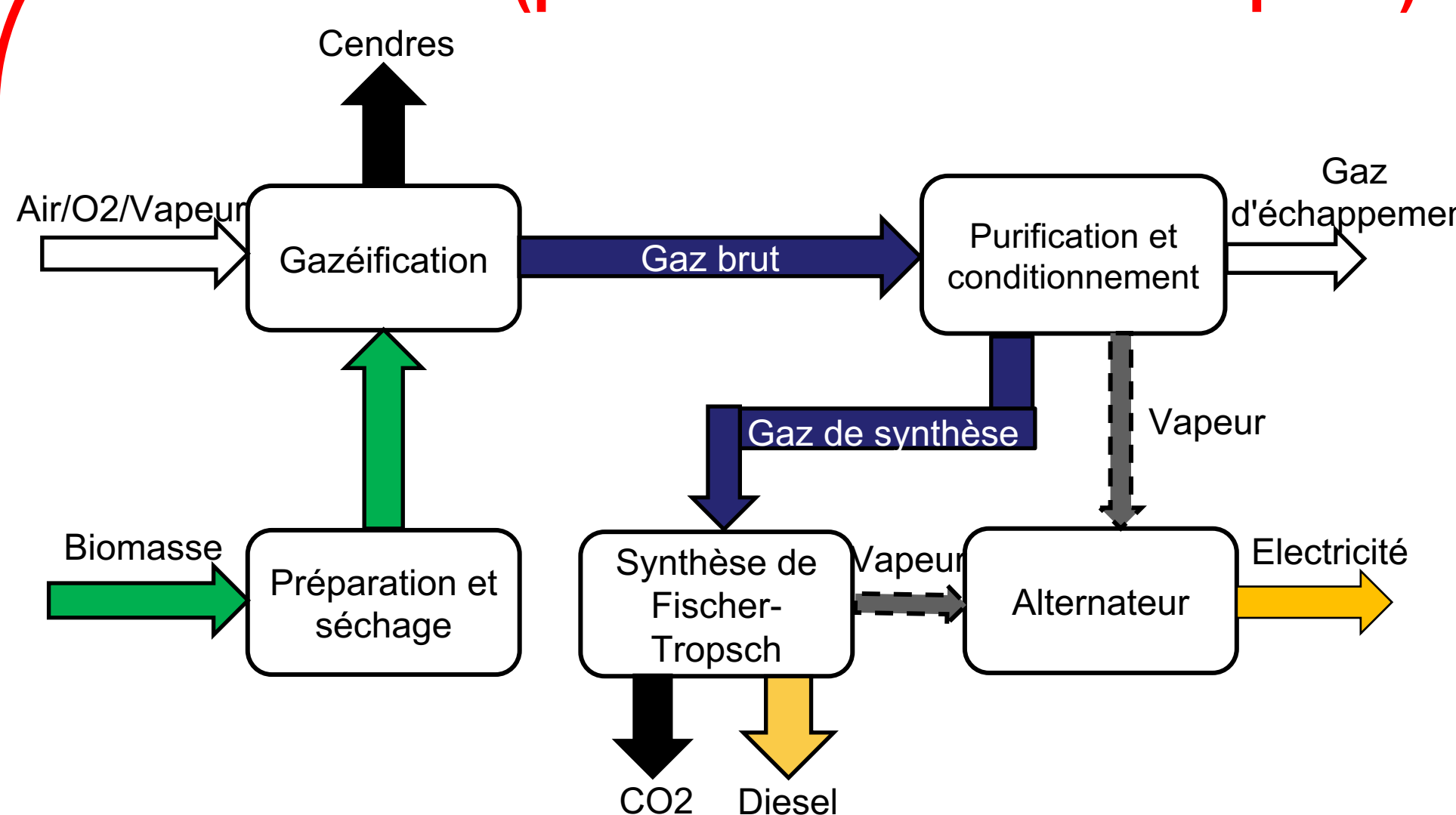


**Rendement :**  
Le rendement électrique de cette centrale est 0,3. Soit 0,3 J d'électricité produite pour 1 J de biomasse en entrée, sachant que la densité énergétique de combustion du miscanthus est de 4,9 kWh/kg.

**Analyse économique :**  
L'analyse économique de plusieurs centrales à combustion ont été effectués dans la feuille excel [2], en ajoutant le prix de la biomasse, on obtient le prix de vente de l'électricité produite : 92 €/MWh. Plus de 50% de ce prix est dû au prix d'achat de la biomasse.

**Bilan carbone :**  
On considère que la combustion de la biomasse est neutre en CO2 car celui émis a été précédemment absorbé pendant la pousse du miscanthus. Cependant, la combustion n'émet pas uniquement du gaz carbonique, elle émet aussi du méthane CH4 et du monoxyde d'azote N2O dont le PRG très élevé [2]. Ce qui donne pour la conversion d'énergie : 4 kg-eq-CO2/MWh d'électricité produite.

**Gazéification (procédé de Fischer-Tropsch)**

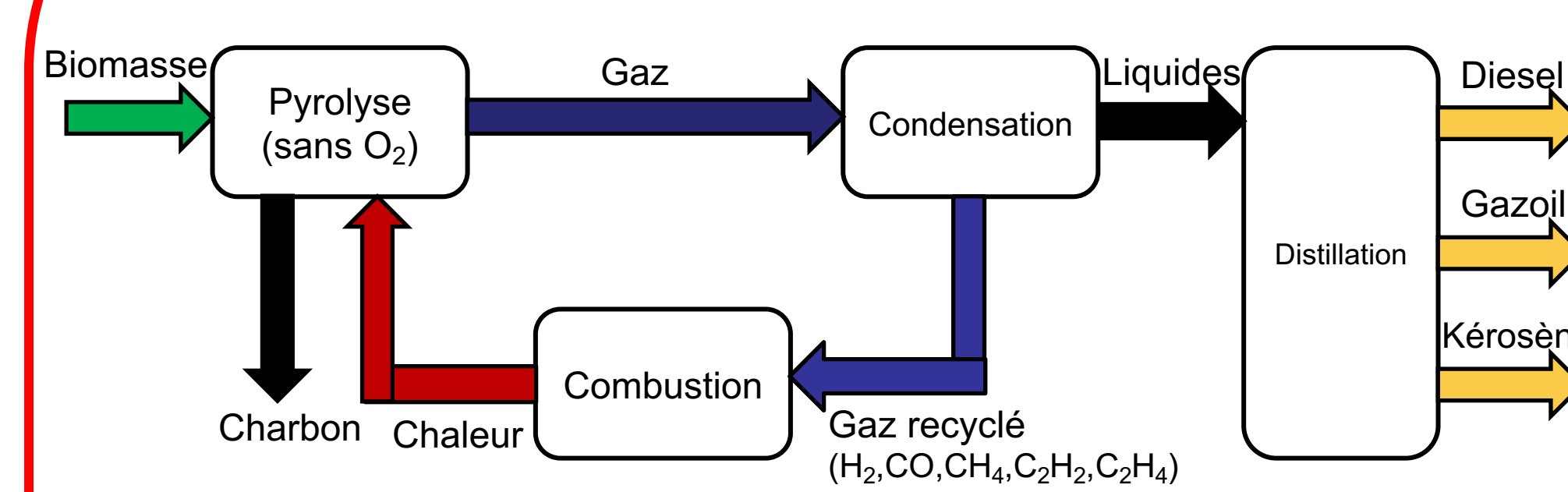


**Rendement :**  
Le rendement de cette centrale est 0,12 L de diesel produit par kg de biomasse consommée.

**Analyse économique :**  
Le rapport de l'US Department of Energy [1] donne les coûts d'exploitation et de construction des centrales. En modifiant le coût d'achat de la biomasse, le prix de minimum de vente du diesel obtenu est 7,49 \$(2009)/gallon. Dont 66% est dû au prix d'achat de la biomasse. Le prix de vente moyen du diesel en 2009 est de 2,98 \$/gallon.

**Bilan carbone :**  
Les émissions directes produites par les gazs d'échappement s'élèvent à 0,83 kg-eq-CO2/L de diesel produit. [3]

**Pyrolyse**

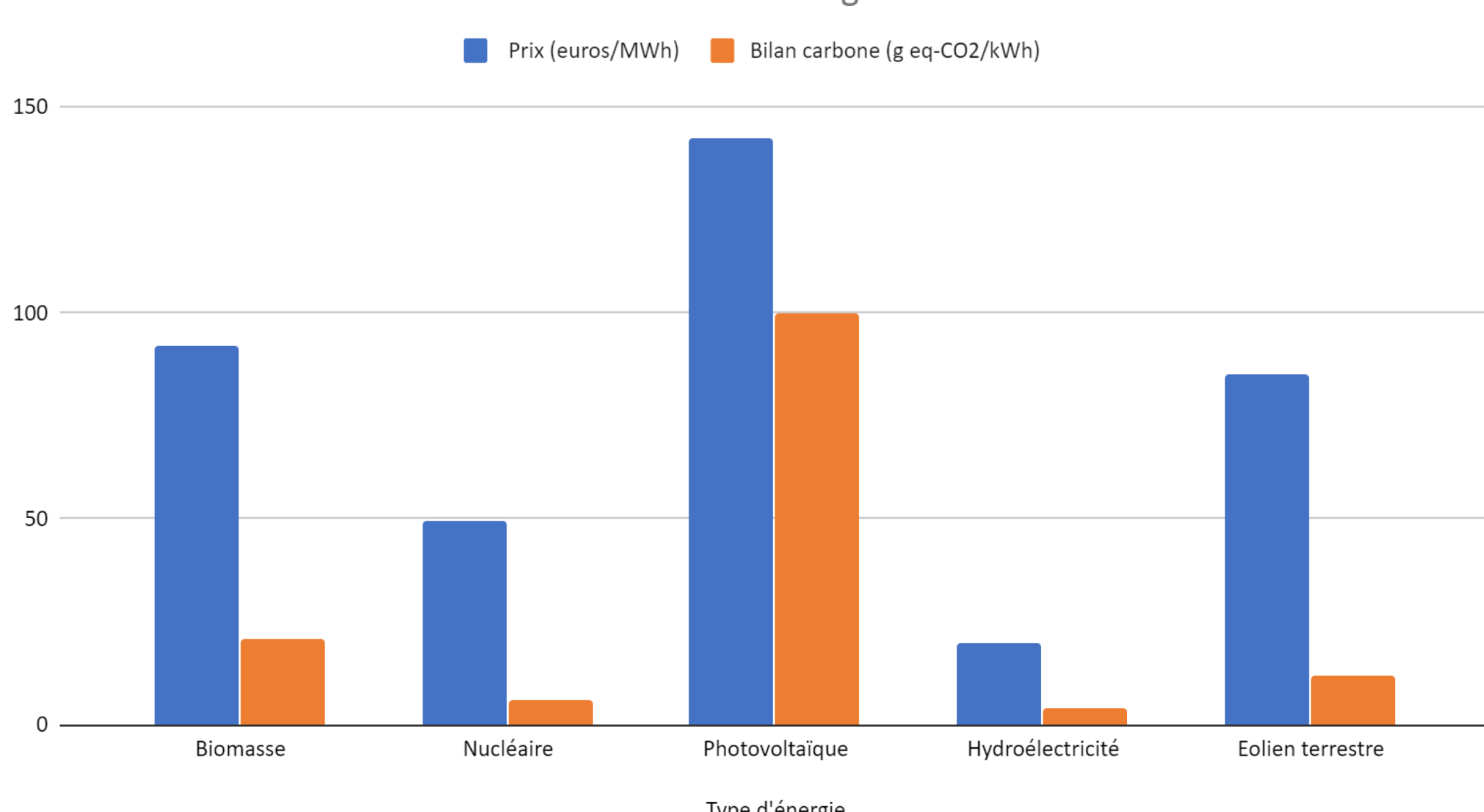


**Rendement :**  
Le rendement de cette centrale est 0,36 L de diesel produit par kg de biomasse consommée.

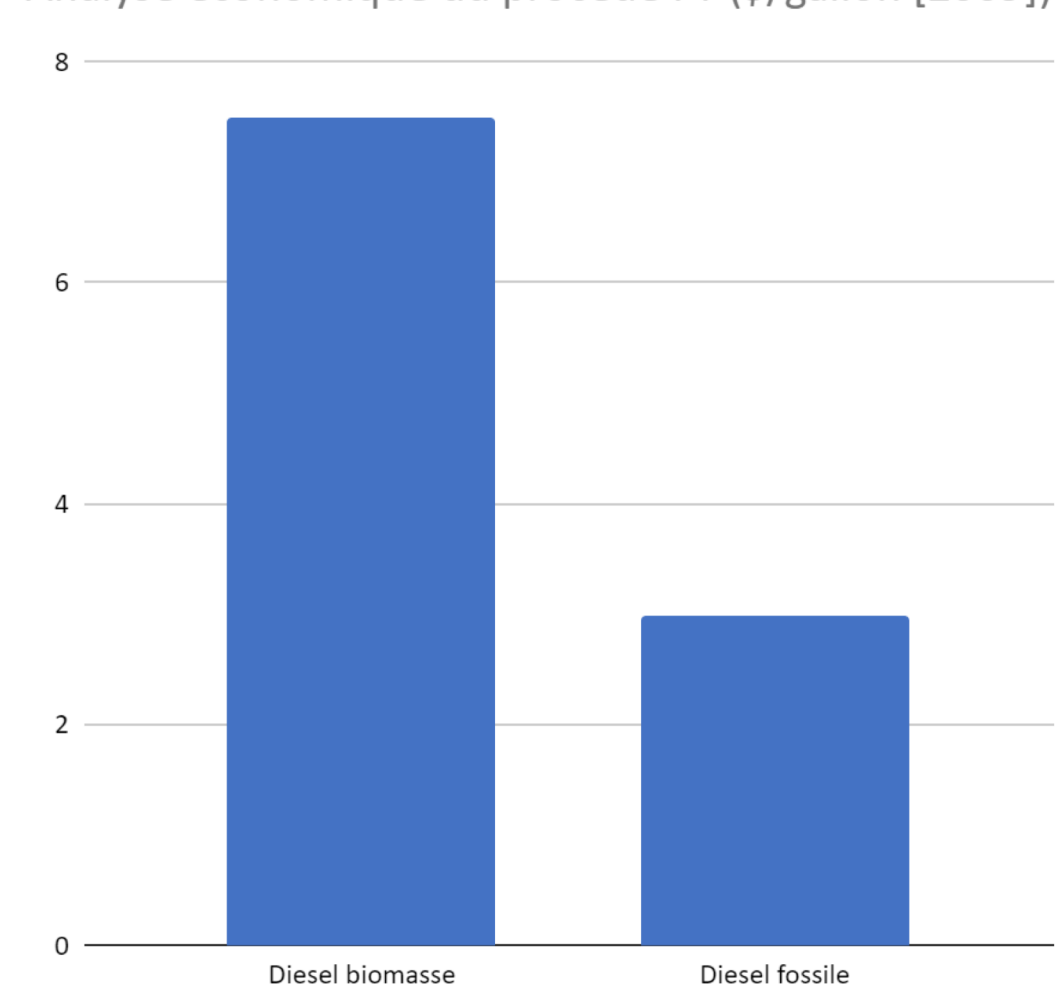
**Analyse économique :**  
Le rapport de l'US Department of Energy [1] donne les coûts d'exploitation et de construction des centrales. En modifiant le coût d'achat de la biomasse, le prix de minimum de vente du diesel obtenu est 3,46 \$(2009)/gallon. Dont 50% est dû au prix d'achat de la biomasse. Cette solution est donc plus économique que le procédé de Fischer-Tropsch. Le prix de vente moyen du diesel en 2009 est de 2,98 \$/gallon.

**Bilan carbone :**  
Les émissions pendant la conversion sont réparties quasiment équitablement entre la construction, l'équipement et l'électricité consommée et sont négligeable devant celles dues au transport et à la culture du miscanthus. [4]

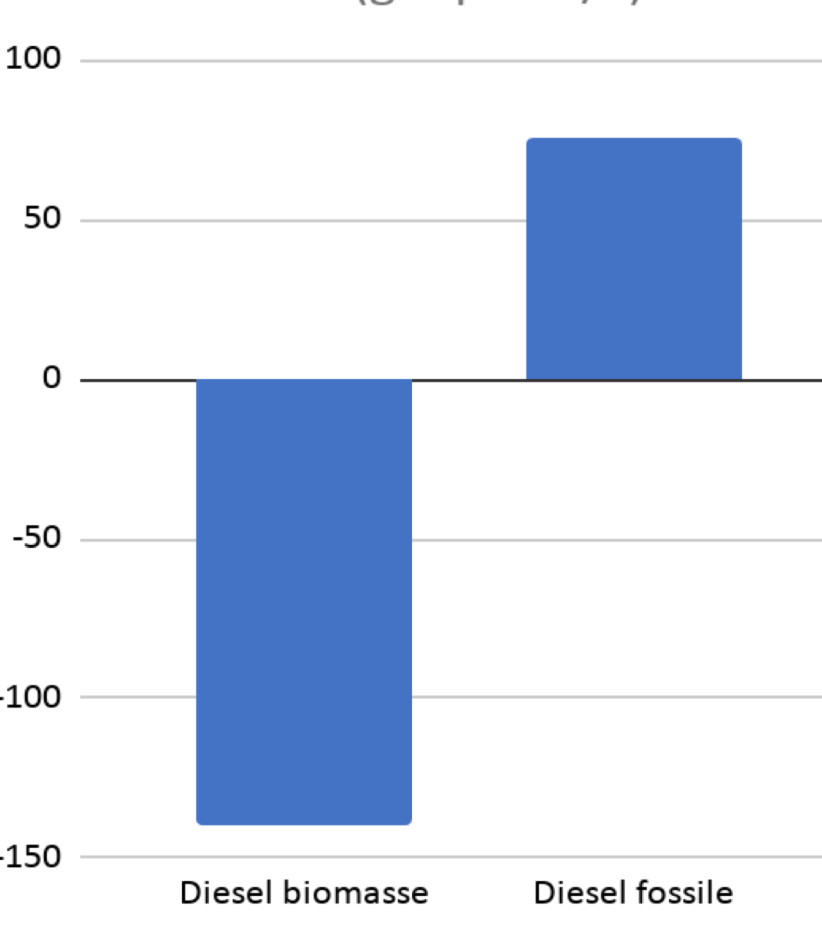
Prix et bilan carbone des énergies renouvelables



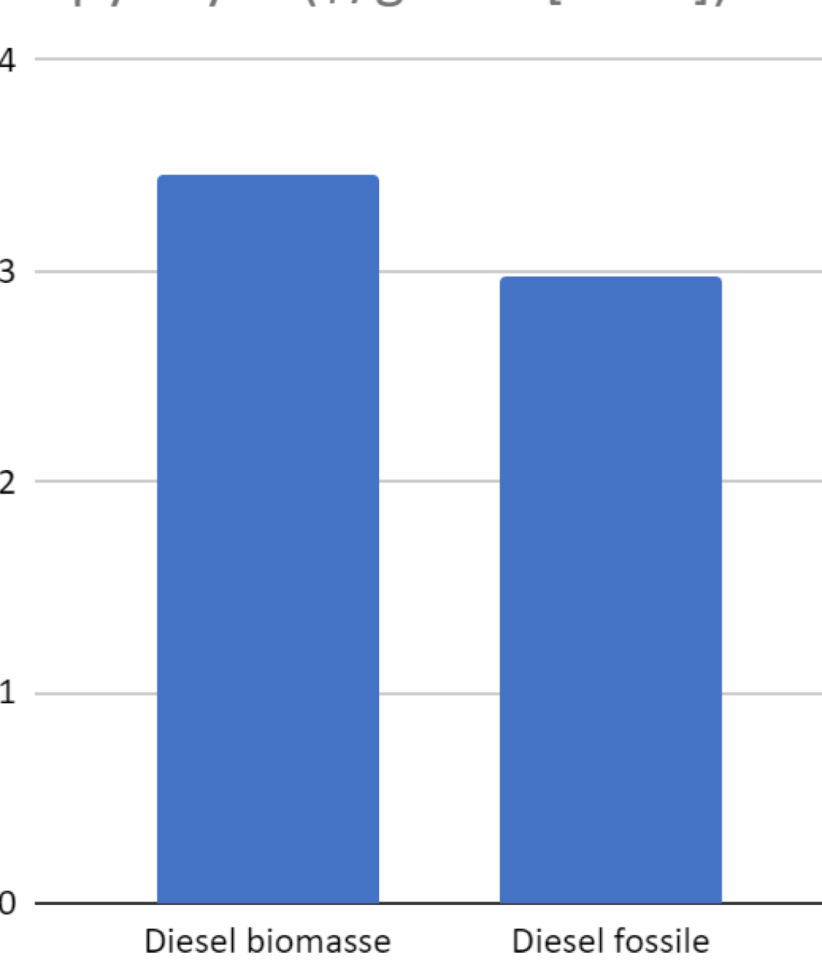
Analyse économique du procédé FT (\$/gallon [2009])



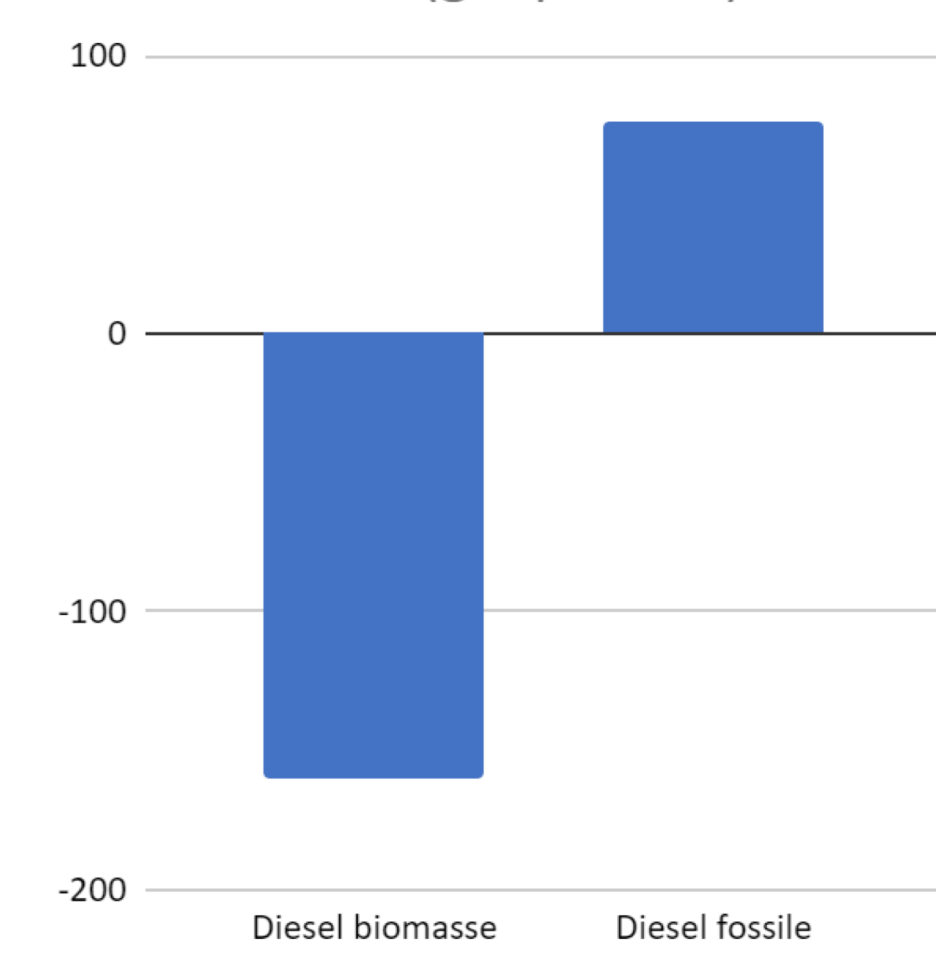
Bilan carbone de la production de diesel (g eq-CO2/L)



Analyse économique de la pyrolyse (\$/gallon [2009])



Bilan carbone de la production de diesel (g eq-CO2/L)



**CONCLUSION :**

La cogénération d'électricité et de chaleur par la combustion de biomasse est à l'heure actuelle peu compétitive face aux autres énergies renouvelables (à part le photovoltaïque). La production de diesel grâce à la technique FT est trop chère même si son bilan carbone est très avantageux par rapport au diesel conventionnel. Pour la production de fuel, la pyrolyse semble être la technique la plus économiquement viable tout en absorbant du CO2 de l'atmosphère. Il reste cependant des améliorations techniques à accomplir pour rendre ces techniques viables. Une idée majeure pour baisser le bilan carbone ainsi que le prix de vente des centrales (baisse pouvant aller jusqu'à 20%) est de les intégrer dans des usines utilisant de la biomasse déjà existantes (usines de pâtes à papier par exemple). Cette voie de développement peut augmenter aussi le rendement des centrales de 5 à 10% selon différentes études.

**BIBLIOGRAPHIE**

- [1] Zhu, Y., et al. *Techno-economic Analysis for the Thermochemical Conversion of Biomass to Liquid Fuels*. DE-AC05-76RL01830, U.S. Department of Energy, juin 2011.
- [2] *Icoe\_calculator\_with\_ee\_module*. Ea Energy Analyses, 2019.
- [3] Pressley, Phillip N., et al. « Municipal Solid Waste Conversion to Transportation Fuels: A Life-Cycle Estimation of Global Warming Potential and Energy Consumption ». *Journal of Cleaner Production*, vol. 70, mai 2014, p. 145-53.
- [4] Yang, Qing, et al. « Greenhouse Gas Emissions of a Biomass-Based Pyrolysis Plant in China ». *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 53, janvier 2016, p. 1580-90.
- [5] Jim Andersen, *Techno-Economic Analysis of Integrated Biomass Gasification for Green Chemical Production*.
- [6] Simon, D., Tyner, W.E. & Jacquet, F. *Bioenerg. Res.* (2010) 3: 183. <https://doi.org/10.1007/s12155-009-9061-y>
- [7] Robert M. Campbell, Nathaniel M. Anderson, *Comprehensive comparative economic evaluation of woody biomass energy from silvicultural fuel treatments*, 2019
- [8] <https://transvosges.wordpress.com/2012/11/05/la-centrale-biomasse-de-metz-chambiere-demarre/>
- [9] <https://www.ecologie-solidaire.gouv.fr/deploiement-des-energies-renouvelables-elisabeth-borne-designe-projets-laureats-dinstallations>

