

ÉTUDE D'ÉVALUATION DES EXTERNALITÉS DE LA FILIÈRE COGÉNÉRATION GAZ

Colloque cogénération ATEE, Maxime Chammas – 05/04/2017

Objectifs de l'étude

- Alimenter les réflexions des pouvoirs publics sur la place que peut tenir la cogénération dans les mix de production d'électricité et de chaleur pour la Métropole.
- Etudier les externalités économiques et environnementales apportées, au niveau national et européen, par la cogénération, du point de vue de la collectivité en 2030.

Etude cofinancée par l'ATEE et les Membres de son Club Cogénération

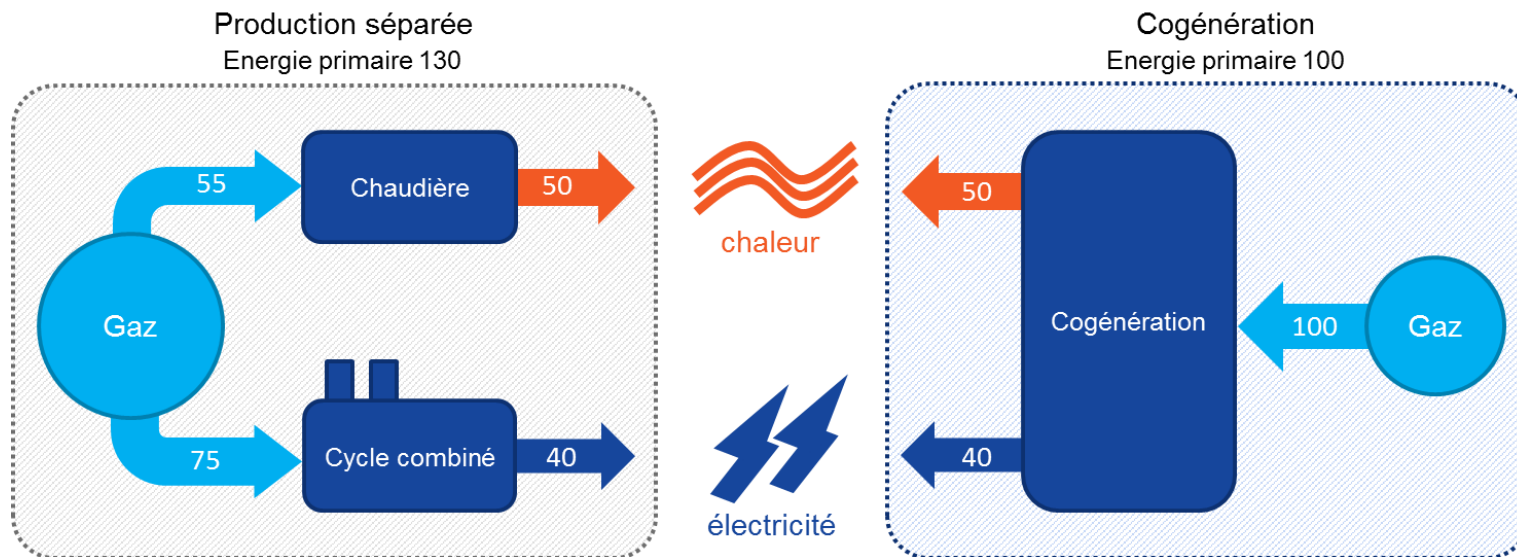
Une analyse du point de vue de la collectivité

Analyse visant à quantifier l'intérêt des cogénérations gaz **pour la collectivité** en 2030, c'est-à-dire sans prise en compte de taxe ou de mécanisme de soutien,

- En substitution à de la **production thermique carbonée** d'électricité et de chaleur,
- Pour **5 segments de cogénérations**, dont la production individuelle, les chaufferies collectives, les réseaux de chaleur, les serres et l'industrie
- Suivant plusieurs **scénarios référents** de développement du mix électrique, de la demande et des coûts des combustibles, issus de la bibliographie du domaine (données basées sur les scénarios de RTE, de l'ENTSO-E et de l'AIE)

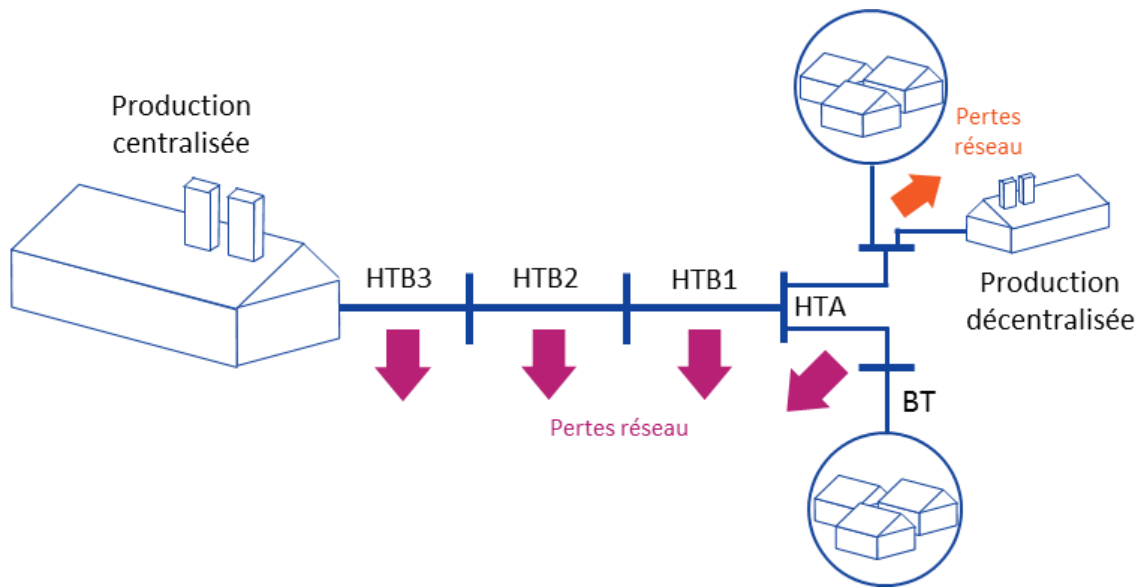
Economies d'énergie primaire

Par rapport à de la production thermique carbonée conventionnelle, la cogénération présente l'avantage de permettre des **économies d'énergie primaire**, et donc de CO2, par **une production simultanée de chaleur et d'électricité**



Réduction des pertes électriques

Par rapport à de la production thermique carbonée conventionnelle, la cogénération est généralement située **plus en aval des réseaux** et dans certains cas peut même faire parti d'un schéma d'**autoconsommation**.



Source : RTE, Enedis, CRE	BT	HTA	HTB1	HTB2	HTB3
Pertes par niveau de tension					
En %age du flux sur le niveau de tension considéré	6,68%	1,39%	0,92%	0,66%	1,29%

Segments de cogénération

5 cas d'usages de la cogénération sont considérés dans cette étude.

	Production individuelle	Chaufferie collective	Réseau de chaleur	Serre	Site industriel
Taille typique	Micro-cogénération 1-5 kW	Micro ou mini-cogénération 10-300 kW	Petite ou moyenne cogénération 1-12 MW	Petite ou moyenne cogénération 1- 5 MW	Grosse cogénération >12MW
Technologie type	Pile à combustible	Module à moteur à combustion interne	Moteur à combustion interne	Moteur à combustion interne	Turbine
Raccordement Électricité	BT	BT	HTA	HTA	HTB2
Raccordement Gaz	Distribution	Distribution	Distribution	Distribution	Transport

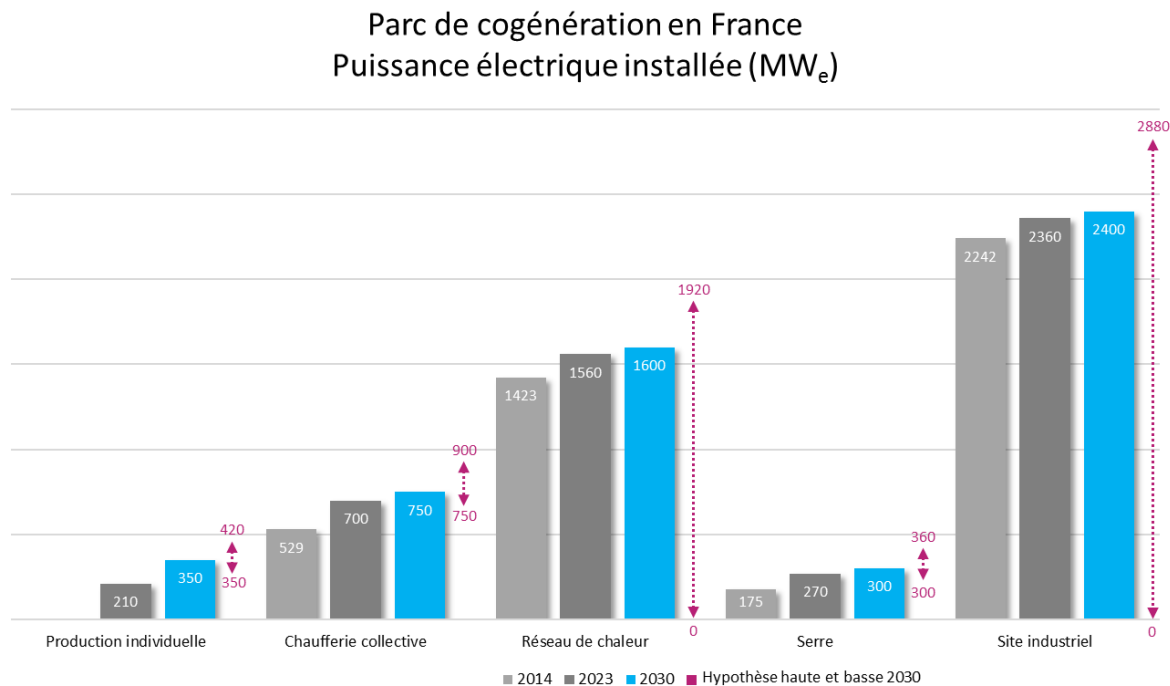
Segments de cogénération

Un jeu de paramètre représentatif de chaque segment a été construit avec les membres du COPIL pour l'analyse

	Production individuelle	Chaufferie collective	Réseau de chaleur	Serre	Site industriel
Taille considérée dans l'analyse	1 kW	300 kW	5 MW	4 MW	> 12 MW
Rendement chaleur (PCI)	52%	49%	39%	51%	42%
Rendement électricité (PCI)	40%	37%	41%	40%	38%
OPEX variables (€/MWh _e)	37,5	22,4	10,0	10,0	3,0
OPEX fixes (€/MW/an)	56 300	22 000	32 200	32 200	25 000
Usage	Climatique	Semi-climatique	Climatique	Climatique	Constante
Hypothèse de taux d'autoconsommation moyen en 2030	50%	80%	0%	0%	80%
Taux de pertes évitées (en prenant en compte l'autoconsommation)	6,7%	3,1%	1,5%	1,1%	1%

Segments de cogénération

Des hypothèses sur le niveau des capacités de cogénération à l'horizon 2030 ont également été faites



Méthodologie

Analyse **marginale** de la valeur des cogénérations, pour chacun des segments, en comparant:

- La situation de référence, avec le mix électrique défini par le scénario, et un besoin de chaleur satisfait par une chaudière au gaz
- Une situation où on **ajoute 50MW de cogénération** dans le mix d'électricité et on **retire une capacité équivalente de CCCG**, dans laquelle le besoin de chaleur est satisfait par la cogénération quand le prix de l'électricité est haut, avec un appoint en chaudière au gaz.

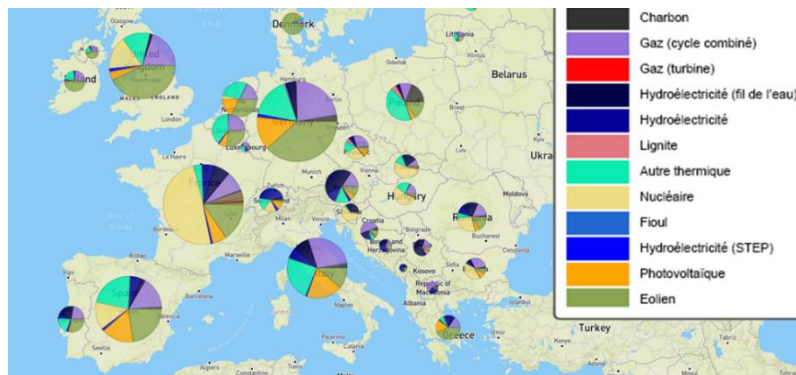
Ces situations sont comparées en termes de :

- Taux de charge des moyens de production électriques,
- Coûts de production d'électricité et de chaleur pour la collectivité,
- Economies d'énergies primaires et d'émission de CO2,
- Coûts d'investissement

Le mix électrique en 2030

Les hypothèses de mix électrique en 2030 reposent, pour le cas de référence « Transition Ecologique » sur les scénarios « Nouveau Mix » de RTE et « Sustainable Transition » de l'ENTSO-E.

- Mix disposant d'une capacité ENR importante (40% en France) et nucléaire modérée (50% de la production française)
- Des **prix des combustibles et du CO2 élevés** (90€/t) faisant de la cogénération gaz la production thermique la moins chère (hors nucléaire), avant les CCCG puis les centrales charbon

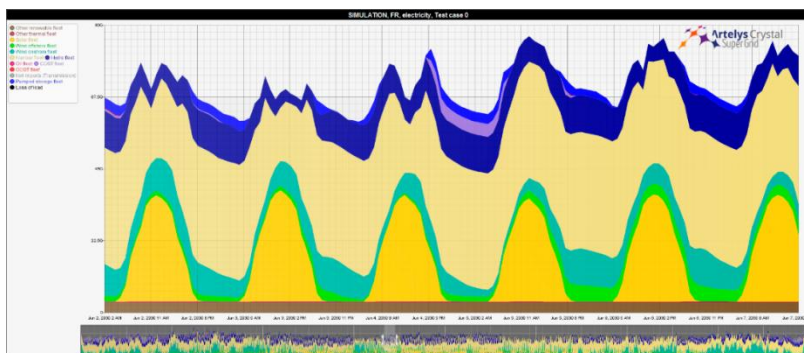


	Production individuelle	Chaudière collective	Réseau de chaleur	Serre	Site industriel
Production annuelle	1,2 TWh	3,4 TWh	5,6 TWh	1,1 TWh	18,4 TWh
Nombre d'heures de fonctionnement	3470 h	4560 h	3500 h	3800 h	7660 h
Facteur de charge sur l'année	39,7%	52,0%	40,0%	43,6%	87,4%
Facteur de charge sur l'hiver (du 15/10 au 15/04)	72,7%	74,0%	73,3%	80,0%	85,4%

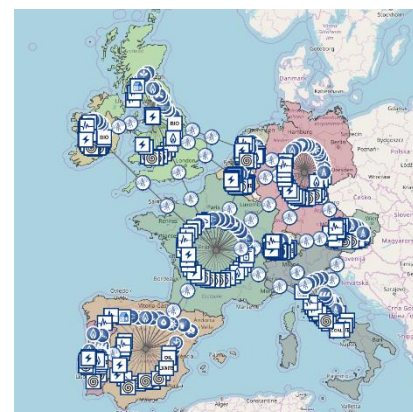
Modélisation du système électrique français et européen

Utilisation de l'outil de modélisation de système énergétique **Artelys Crystal Super Grid** pour représenter le mix Français et Européen suivant les scénarios considérés:

- Optimisation de la gestion du système minimisant les coûts de production d'électricité
- En satisfaisant l'équilibre offre demande à la maille horaire sur un an
- Prise en compte des contraintes techniques des centrales (thermique, hydro, stockage)



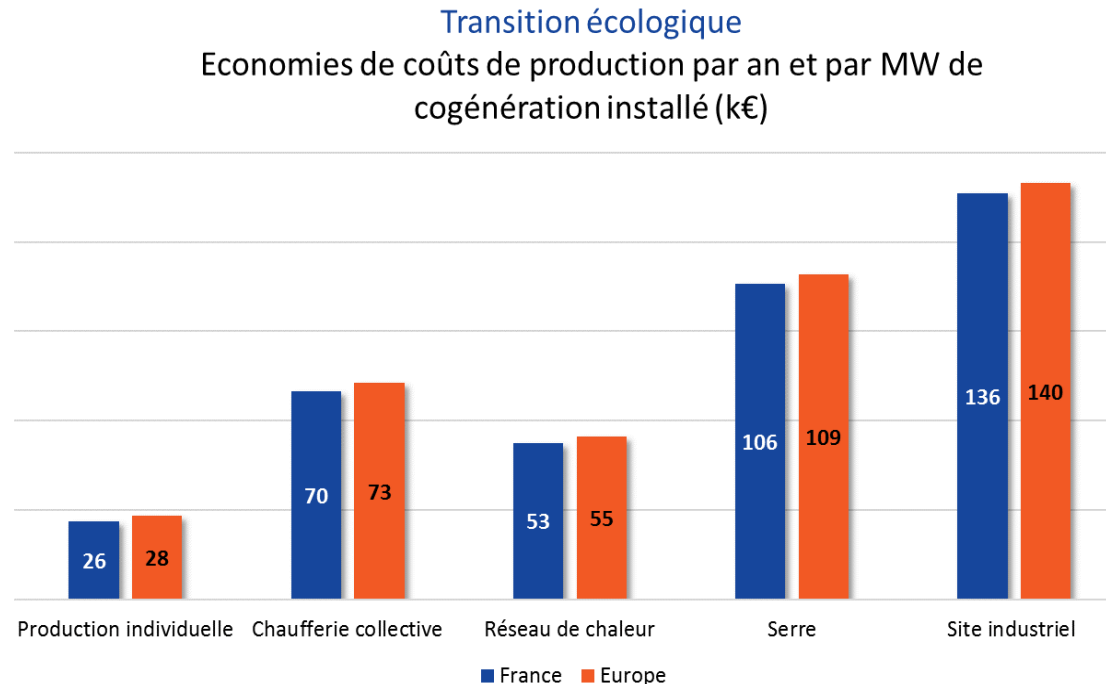
Production cumulée – quelques jours d'été, scénario Ampère 2035 simulé dans SuperGrid



Modèle Européen dans Super Grid

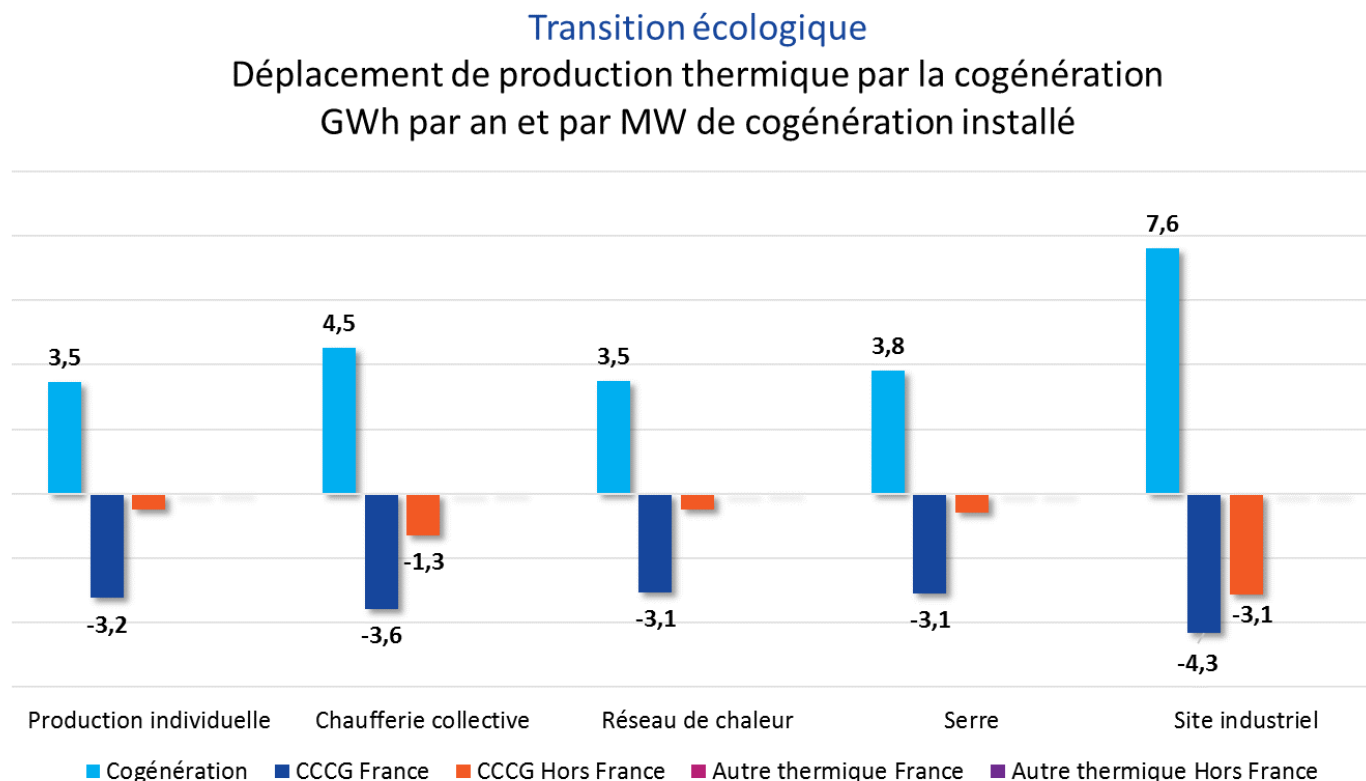
Cas de référence – Transition Ecologique

Pour chacun des segments, ajouter de la cogénération et retirer des CCGT permet de faire des **économies de coûts de production d'électricité et de chaleur.**



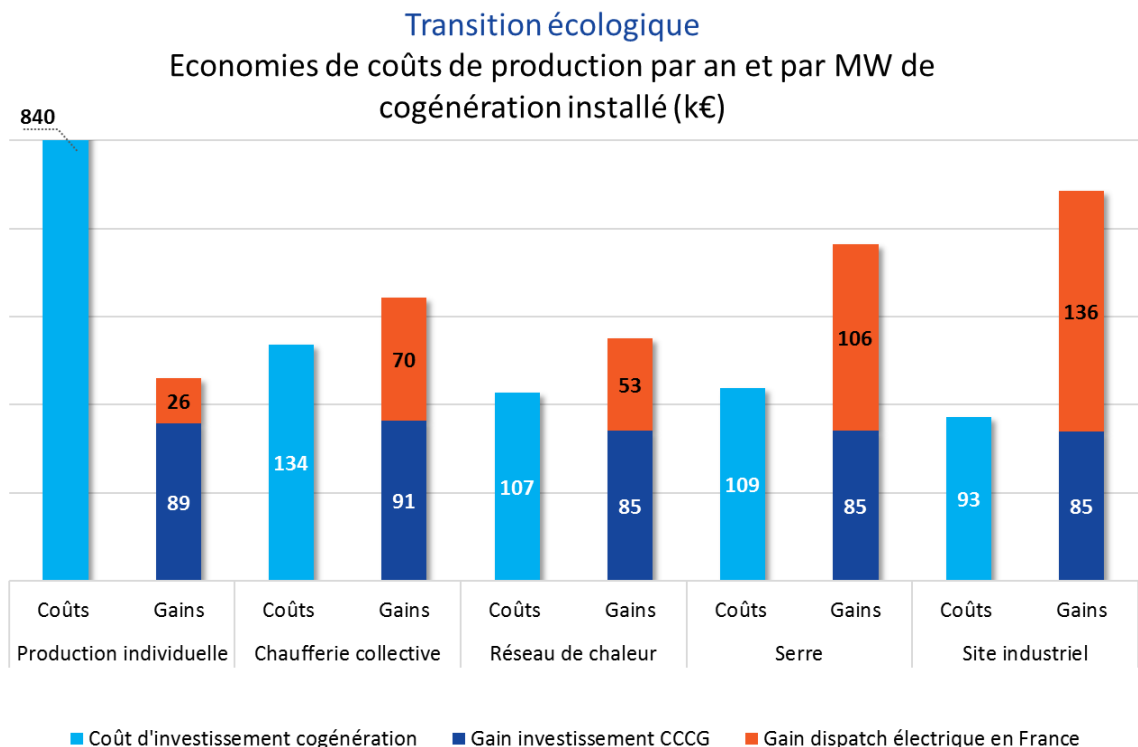
Cas de référence – Transition Ecologique

La production des cogénérations en France remplace de la production CCG en France et en Europe par les interconnexions.



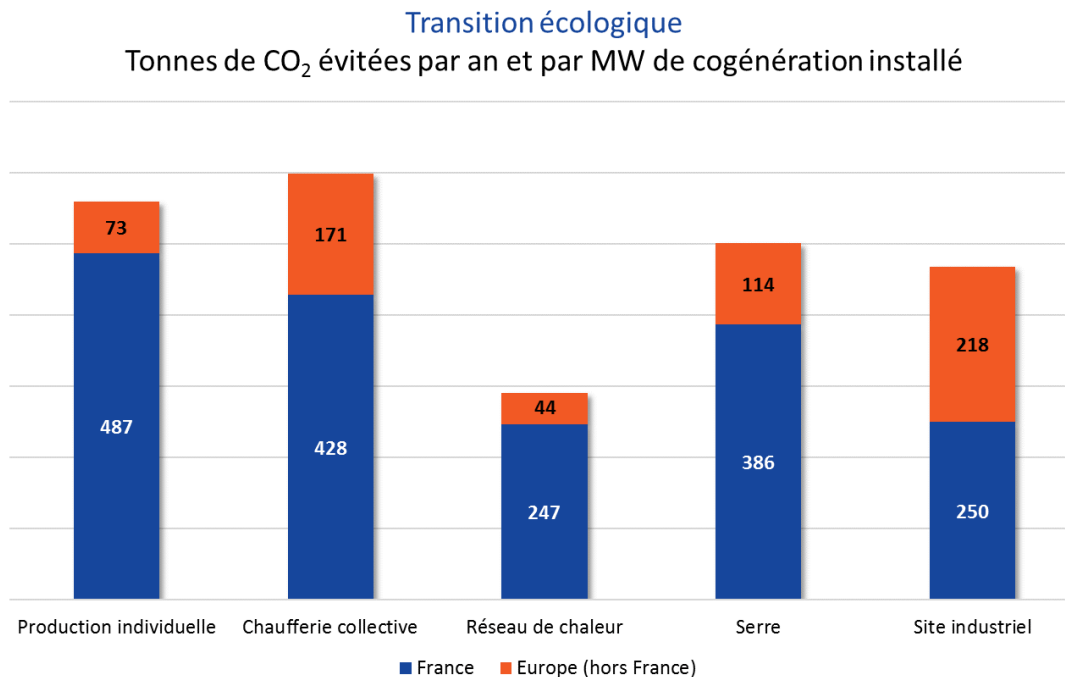
Cas de référence – Transition Ecologique

En prenant en compte les coûts d’investissement des cogénérations et des CCCG retirées, on trouve que tous les segments sont intéressants en termes de coûts totaux, sauf la production individuelle pour laquelle les coûts d’investissements restent élevés



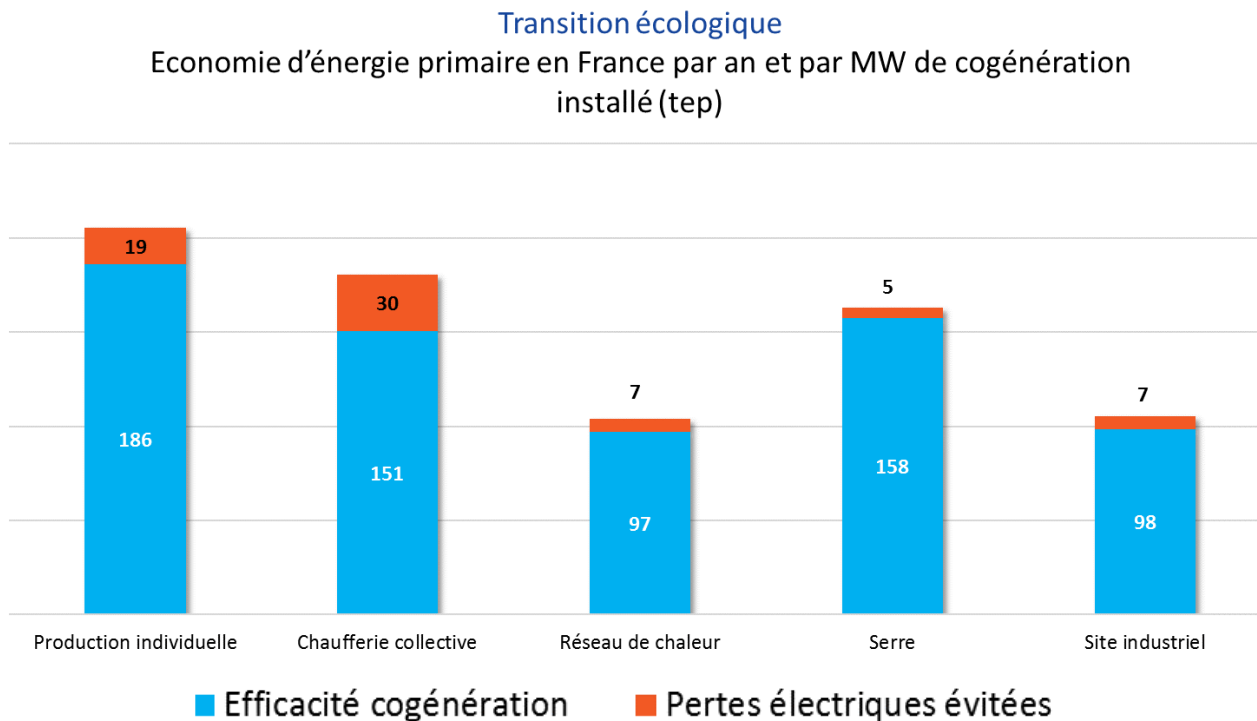
Cas de référence – Transition Ecologique

Les cogénérations permettent des économies d'énergie primaire et de CO2.



Cas de référence – Transition Ecologique

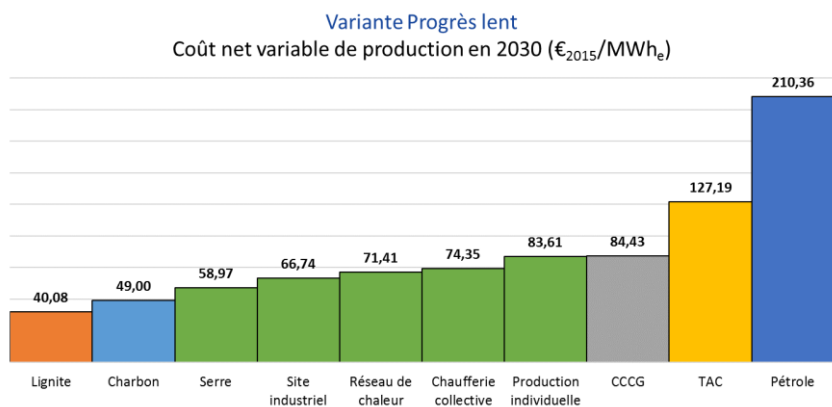
Si la majeure partie des économies d'énergie primaire est due aux meilleurs rendements, une partie non-négligeable vient des pertes évitées.



Variante Progrès Lent

On considère dans cette variante un mix de production moins renouvelable et avec des prix du CO2 plus faibles (27€/t) basé sur le scénario « Slow Progress » de l'ENTSO-E.

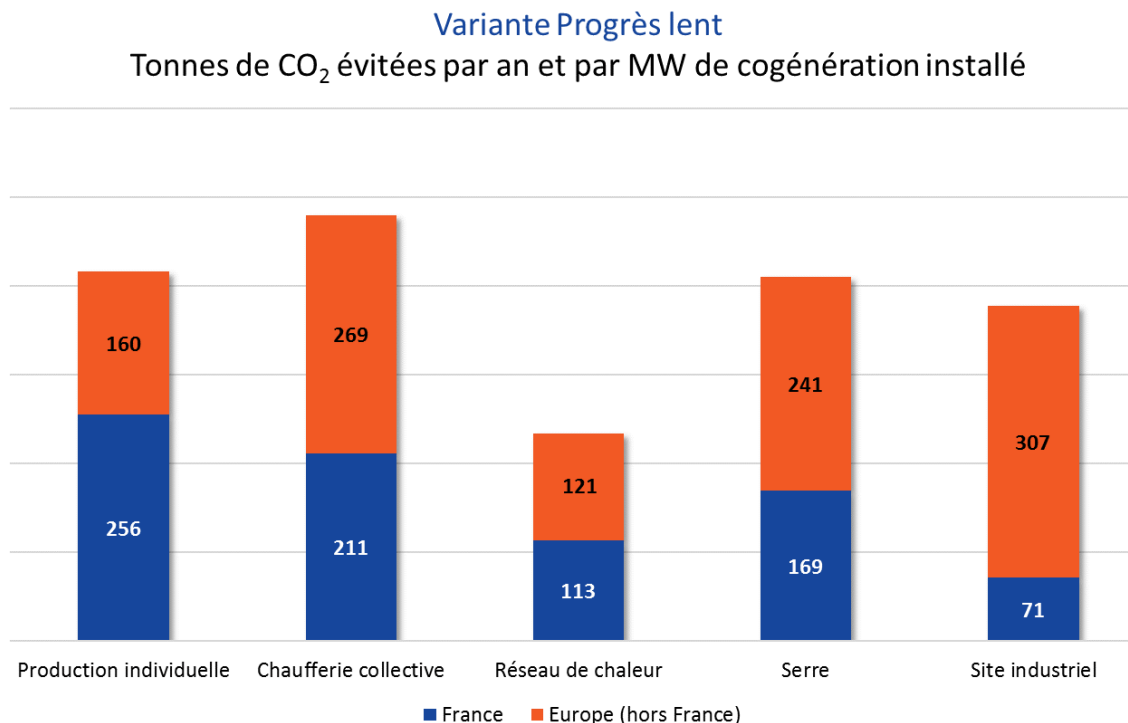
Dans ce cas, le charbon passe devant les cogénérations dans l'ordre de préséance économique, et le taux de charge moyen des cogénérations diminue.



	Production individuelle	Chaufferie collective	Réseau de chaleur	Serre	Site industriel
Production annuelle	0,9 TWh	2,7 TWh	4,8 TWh	1,0 TWh	16,0 TWh
Nombre d'heures de fonctionnement	2603 h	3614 h	2967 h	3423 h	6667 h
Facteur de charge sur l'année	29,7%	41,3%	33,9%	39,1%	76,1%
Facteur de charge sur l'hiver (du 15/10 au 15/04)	55,9%	61,5%	62,8%	71,3%	72,5%

Variante Progrès Lent

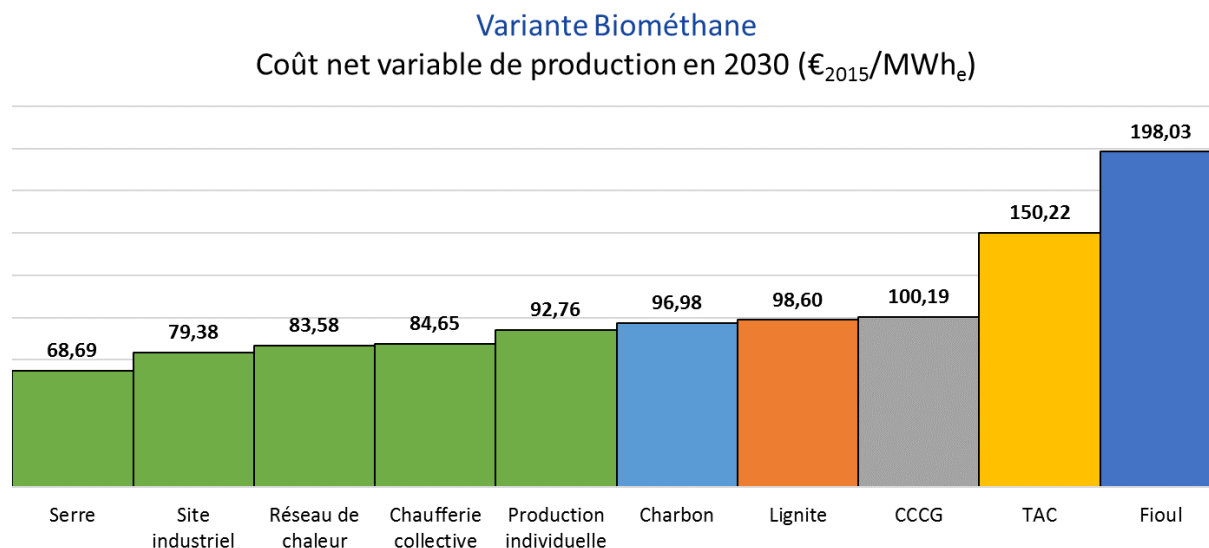
Malgré des résultats moins nets, les cogénérations restent pour la plupart intéressantes pour la collectivité dans ce cas dégradé.



Variante Biométhane

On étudie une variante où le gaz (pour tous les consommateurs de gaz) est partiellement d'origine renouvelable (10%), et dispose donc d'un contenu co2 équivalent moins important, mais coûte plus cher du aux installations nécessaires pour produire ce biométhane.

Le mix reste celui de « Transition Ecologique », et les taux de charge obtenus pour les cogénérations restent ceux du cas de référence.

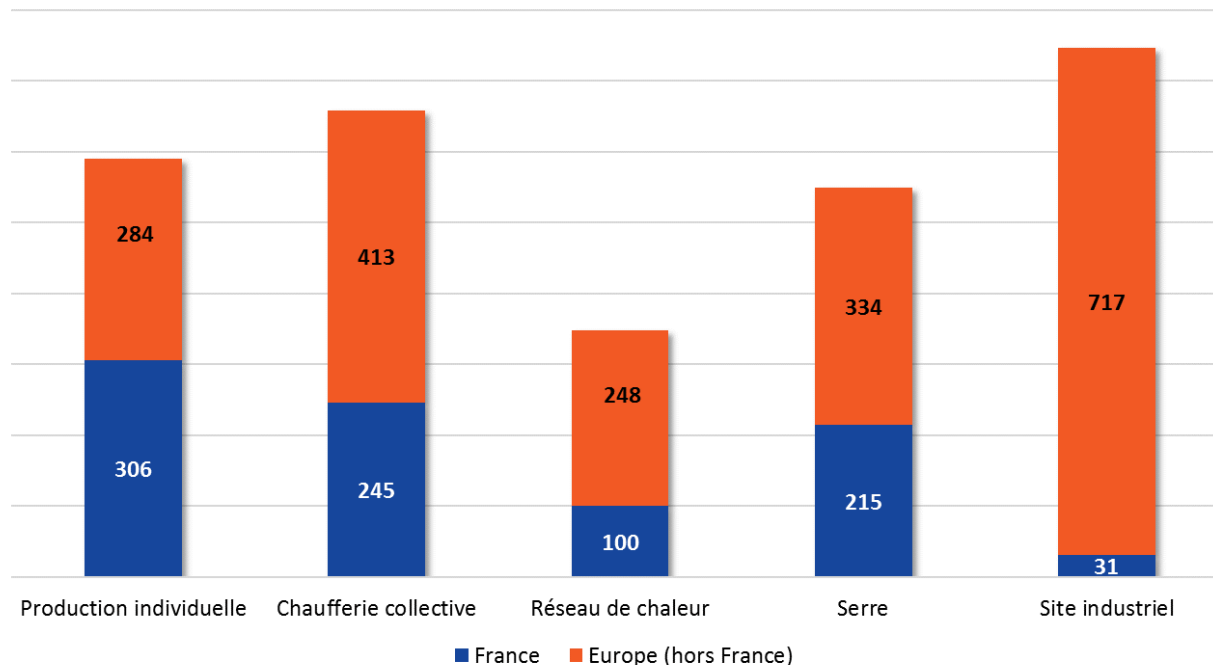


Variante Biométhane

Dans ce contexte, les résultats sont meilleurs sur le plan économique, et même environnemental. Les économies de gaz permettent moins d'économie de CO₂, mais les cogénérations permettent d'effacer du charbon à l'étranger et de réduire de manière conséquente les émissions au niveau Européen.

Variante Biométhane

Tonnes de CO₂ évitées par an et par MW de cogénération installé



Synthèse

- L'analyse présentée montre un **intérêt pour la collectivité des cogénérations au gaz** face à d'autres moyens de productions thermiques carbonés en 2030,
- Les **très bons rendements** de la cogénération et les **pertes évitées** sur les réseaux d'électricité engendrent des économies par rapport à une configuration chaudière + CCCG, au niveau **économique** et **environnemental**,
- La valeur de la cogénération persiste dans un cas plus pessimiste de développement du mix électrique et est supérieure dans un cas de développement du bio-méthane.

Merci pour votre attention!