



Étude pour l'amélioration de la performance énergétique du centre de traitement et de valorisation des déchets CRISTAL

Synthèse des phases 1 et 2

02 octobre 2015



Contexte de l'étude

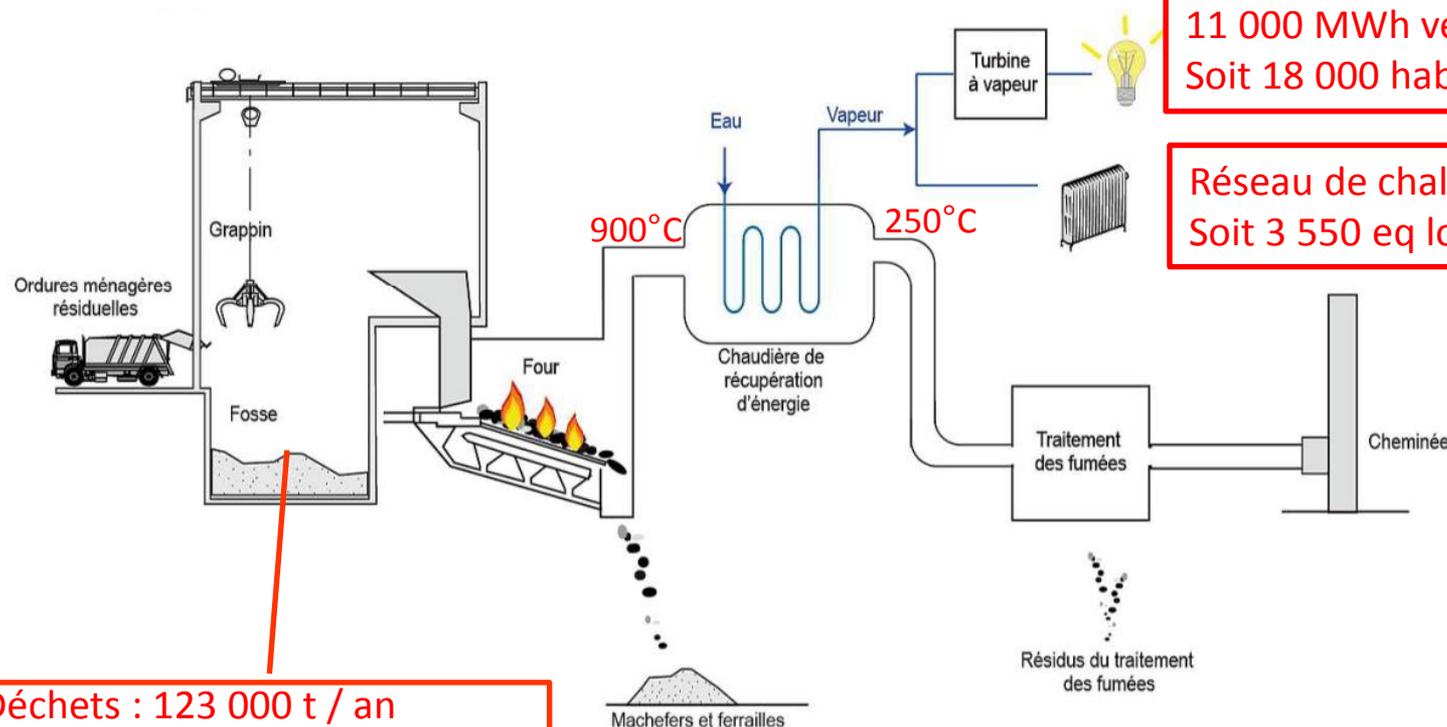
Constat actuel

- Le CTVD CRISTAL a une **performance énergétique** voisine de **45%** en formule française (TGAP) et **35%** en formule européenne, ce qui ne lui permet pas d'être qualifié d'installation de valorisation des déchets mais d'élimination. Elle doit pour cela atteindre le seuil de **60%**.
- Une **étude pour l'amélioration de la performance énergétique du CTVD CRISTAL** a été confiée au Cabinet Merlin, décomposée en 3 phases :
 - **Phase 1 : Diagnostic et projections**
 - **Phase 2 : Etude de 3 scénarios d'optimisation énergétique**
 - **Phase 3 : Plan d'action** (*en cours*)

Principe de fonctionnement

Principe de fonctionnement d'une installation d'incinération de déchets avec récupération et valorisation de l'énergie

CRISTAL : année 2014



Electricité : 21 000 MWh produit et
11 000 MWh vendus à ERDF
Soit 18 000 habitants éclairés

Réseau de chaleur : 44 000 MWh
Soit 3 550 eq logements chauffés

Déchets : 123 000 t / an

PCI = 2370 kcal /kg (5 x moins
que le FOD)

Synthèse du diagnostic de l'installation

➤ Capacité

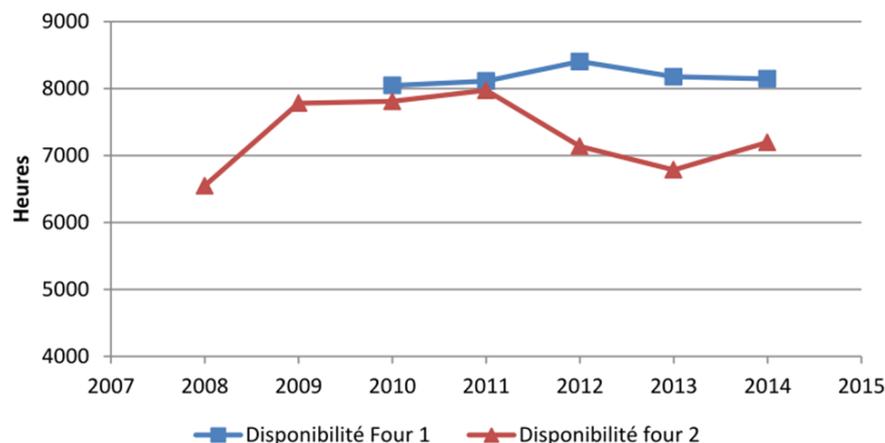
- CRISTAL traite environ 123 000 t/an de déchets, ce qui correspond à sa capacité autorisée.
- Les déchets en provenance du SITRU représentent environ 70%

➤ PCI des déchets

- Le PCI des déchets est relativement élevé (2300 – 2400 kcal/kg) mais cohérent avec la part élevée de DIB (25% environ)

➤ Disponibilité

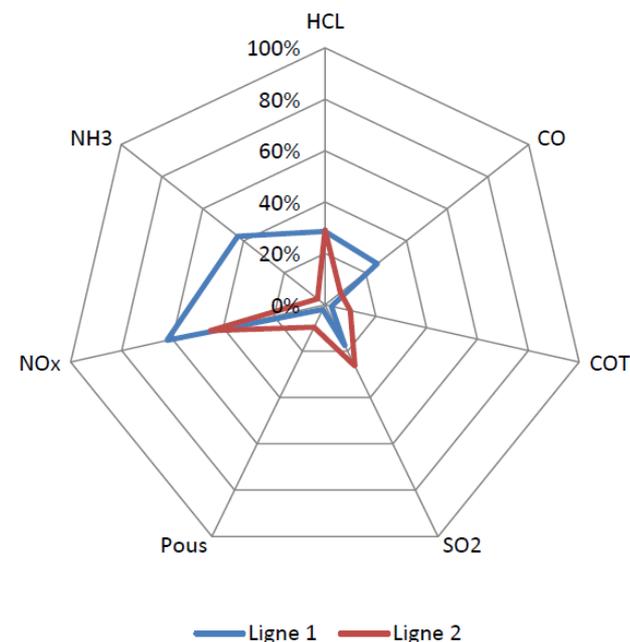
- Très satisfaisante pour la L1 (> 8000 h)
- Faible pour la L2 (7200 h) du fait de son ancienneté



Synthèse du diagnostic de l'installation

➤ Performances environnementales

- Les rejets gazeux sont largement conformes aux règlements en vigueur : mesures en continu, mesures ponctuelles, mesures semi continu des dioxines / furannes
- **Valeurs largement en dessous des VLE** ; les NOx sont le paramètre pour lequel la valeur est la plus proche de la VLE du fait de la finesse de régulation de la DÉNOx (constat fait sur une grande majorité d'UIOM)
- **Rejets liquides** : L'installation ne rejette pas d'eau de process dans le réseau : zéro rejet liquide. Tout est recyclé soit dans les extracteurs à mâchefers, soit dans le four 2



➤ Consommations en énergie

- Les consommations électriques sont très satisfaisantes et modérées
- Les consommations en gaz sont assez faibles du fait du choix de DÉNOx (SCR basse température) ; un bémol cependant sur la consommation en gaz de la ligne 1 pour le brûleur de soutien (élevée)

Synthèse du diagnostic – Performance énergétique

➤ Récupération d'énergie

- Faible rendement de récupération de l'énergie des déchets, notamment sur le four chaudière de la ligne 2 (équipement en fin de vie, rendement = 69%, contre 85% sur les équipements récents)

➤ Valorisation électrique

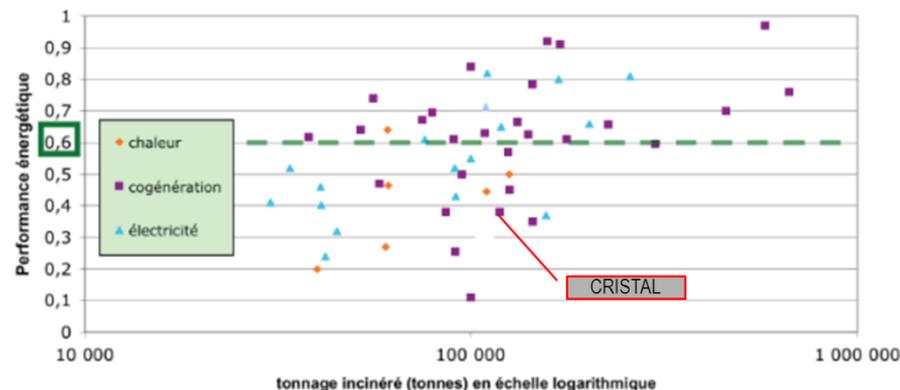
- GTA ne pouvant admettre que 70% du débit de vapeur produit (adapté à la production de vapeur antérieure, avant remplacement du four 1)
- GTA de type « contrepression » ne détendant pas la vapeur au maximum pour privilégier la valorisation thermique

➤ Valorisation thermique

- Taux de couverture du réseau par le CTVD très élevé (98%)
- Production d'énergie thermique non valorisée, même en hiver : réseau peu développé par rapport à la capacité de fourniture de l'usine

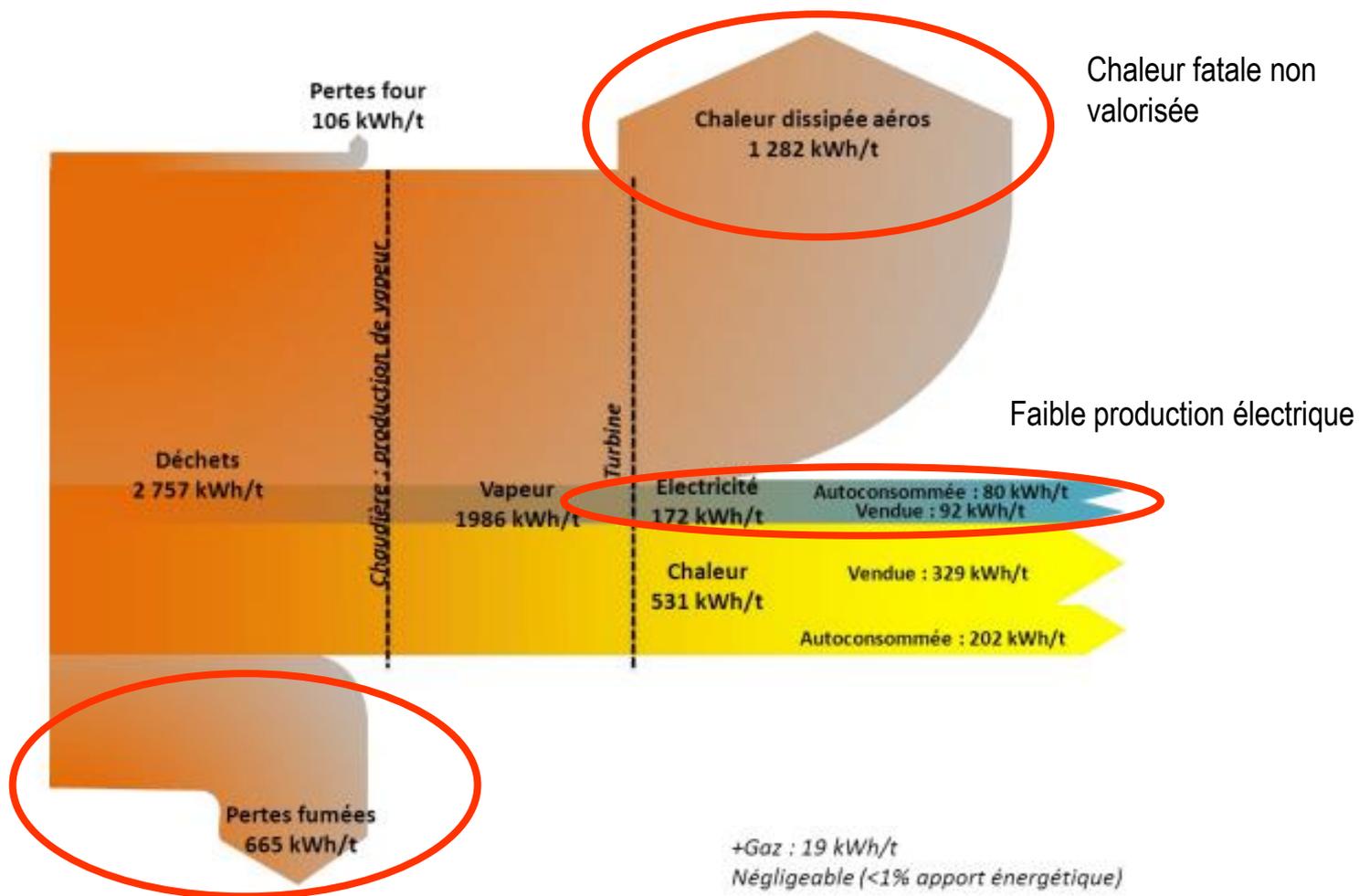
➔ **Performance énergétique inférieure à la moyenne française**

(*graphe : source AMORCE, 2011*)



Bilan énergétique de l'installation

➤ Bilan énergétique actuel (2014)



Synthèse Phase 1 et établissement des scénarios

➤ **Constats de la phase 1 de l'étude (diagnostic de l'existant) :**

- **Faible production d'électricité** (GTA ne pouvant admettre la totalité du débit de vapeur produit et de type « contrepression » – qui favorise la fourniture de chaleur au détriment de la production électrique, alors que le réseau est déjà saturé)
- **Réseau de chaleur peu développé**, par rapport à la capacité de fourniture de chaleur de l'usine
- **Performances de récupération d'énergie limitées** (four-chaudière de la ligne 2 en fin de vie)

➤ **Etablissement de 3 scénarios d'optimisation énergétique du CTVD CRISTAL**

- **Scénario 1** : permettant d'atteindre $PE > 60 \%$
- **Scénario 3** : permettant d'optimiser au maximum l'efficacité énergétique de l'installation

NB : ce scénario intègre le remplacement du four chaudière Ligne 2

- **Scénario 2** : intermédiaire entre 1 et 3

Description des 3 scénarios

	Scenario 1		Scenario 2		Scenario 3	
	Ligne 1	Ligne 2	Ligne 1	Ligne 2	Ligne 1	Ligne 2
Four/Chaudière	Pas de modification		Augmentation du débit de vapeur grâce à l'installation d'un économiseur		Augmentation du débit de vapeur grâce à l'installation d'un économiseur	Remplacement du four-chaudière de la ligne 2
Récupération d'énergie dans les fumées	Pas de modification		Fumées sortie chaudière : récupération chaleur pour économiseur chaudière Fumées aval DeNOx : chaleur pour réchauffage des condensats	Fumées aval DeNOx : chaleur pour réchauffage des condensats	Fumées sortie chaudière : récupération chaleur pour économiseur chaudière Fumées aval DeNOx : chaleur pour réchauffage des condensats	Fumées aval DeNOx : chaleur pour réchauffage des condensats
Valorisation de l'énergie	Remplacement du GTA actuel par un GTA à 9 MW à condensation, afin d'augmenter la production d'électricité		Remplacement du GTA actuel par un GTA à 9 MW à condensation, afin d'augmenter la production d'électricité		Remplacement du GTA actuel par un GTA à 9 MW à condensation, afin d'augmenter la production d'électricité	

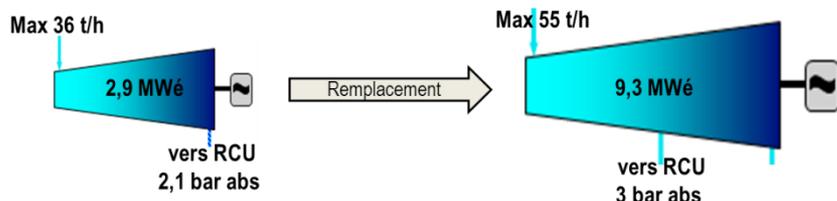
- **Scénario 1 : Remplacement du GTA actuel à contrepression (3 MWé) par un GTA à condensation (9 MWé) plus performant, pouvant détendre la totalité du débit de vapeur produit par les chaudières.**
- **Scénario 2 : Scénario 1 + optimisations sur le cycle eau-vapeur (récupération d'énergie dans les fumées afin d'augmenter la production de vapeur et de diminuer les soutirages de vapeur pour les besoins internes de l'usine)**
- **Scénario 3 : Scénario 2 + remplacement du four-chaudière de la ligne 2.**

Nota : Pour tous les scénarios, le GTA dimensionné pour le cas de remplacement du four chaudière de la ligne 2 (prévu pour 2022) avec optimisation du cycle eau vapeur

Description des 3 scénarios

Scénario 1 : « remplacement du GTA sans optimisation du cycle eau vapeur »

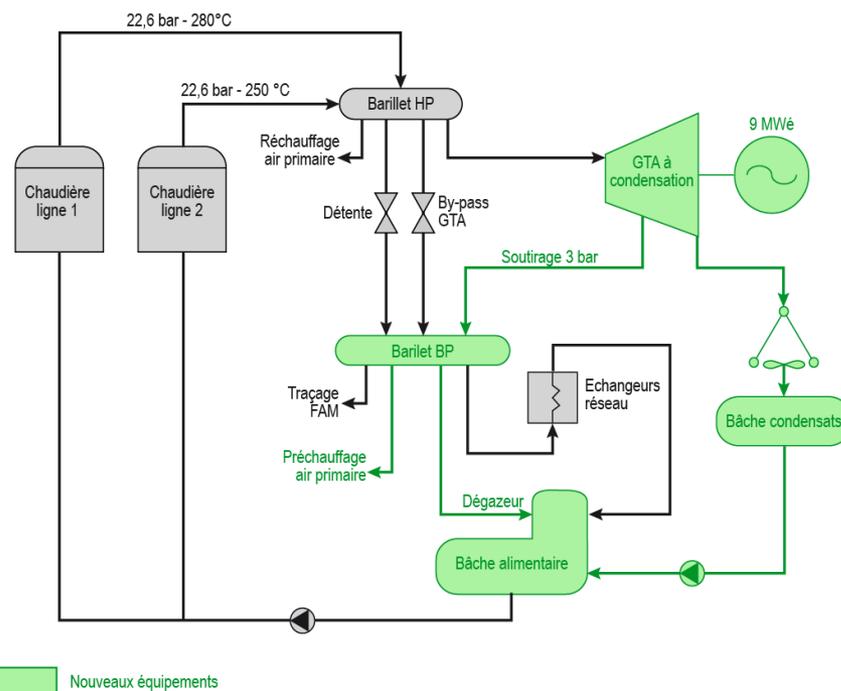
Remplacement du GTA actuel à contrepression (2,9 MW, dimensionné pour 36 t/h à l'admission) par un GTA à condensation pouvant détendre la totalité du débit de vapeur produit (9,3 MW, dimensionné à 55 t/h à l'admission), jusqu'à 0,1 bar environ



Remarques

- Réchauffage de l'air jusqu'à 120°C par vapeur soutirée 3bar (+ complément vapeur HP jusqu'à 150°C)
- GTA dimensionné pour le futur four chaudière ligne 2

CRISTAL - Circuit Eau / Vapeur
Scénario 1



Description des 3 scénarios

Scénario 2 : « remplacement du GTA avec optimisation du cycle eau vapeur »

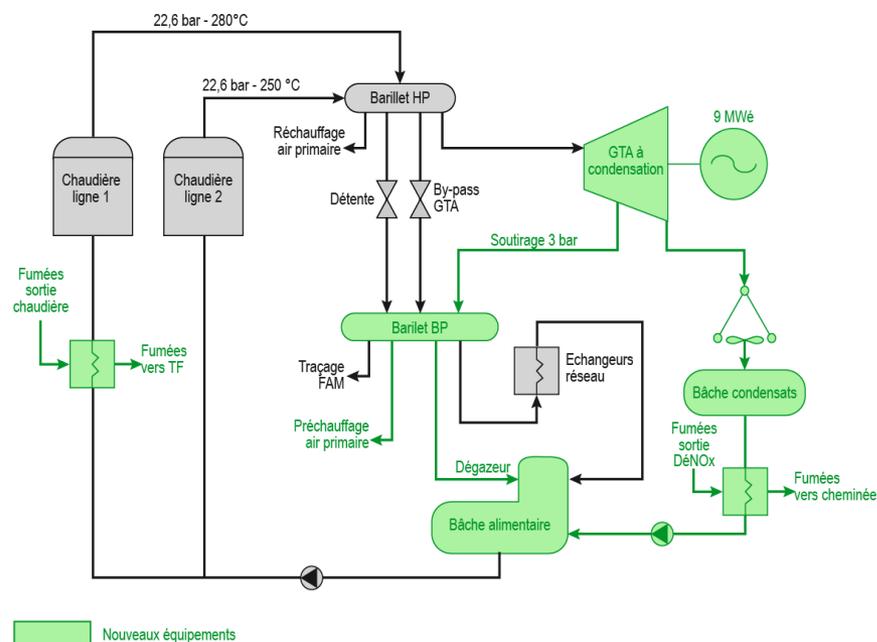
Idem scénario 1 avec optimisation du cycle (récupération d'énergie dans les fumées) :

- Réchauffage de l'eau alimentaire L1 (économiseur) permettant d'augmenter le débit vapeur
- Réchauffage des condensats issus de l'aérocondenseur avec l'énergies des fumées en sortie du traitement des fumées des Lignes 1 & 2

Remarques

- Démantèlement de la tour d'atomisation L1 (diminution du débit de fumées)
- **GTA dimensionné pour le futur four chaudière ligne 2**

CRISTAL - Circuit Eau / Vapeur
Scénario 2



Description des 3 scénarios

Scénario 3 : « remplacement du GTA avec optimisation du cycle eau vapeur + remplacement du four chaudière L2 »

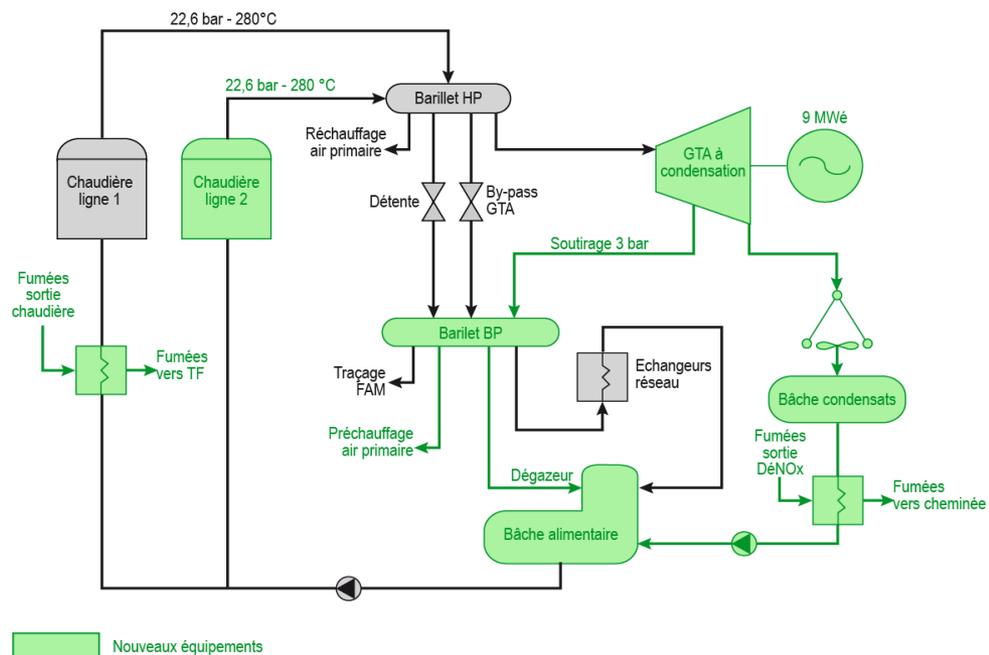
Idem scénario 2 avec remplacement du four chaudière L2 :

- Remplacement du GTA
- Récupération d'énergie dans les fumées
- Remplacement du four chaudière L2 par un équipement plus performant (ligne 7 t OM/h)

Remarques

- Augmentation du débit vapeur produit (rendement supérieur de la chaudière), et augmentation du niveau de surchauffe (280°C contre 250°C)

CRISTAL - Circuit Eau / Vapeur
Scénario 3



Options de valorisation thermique

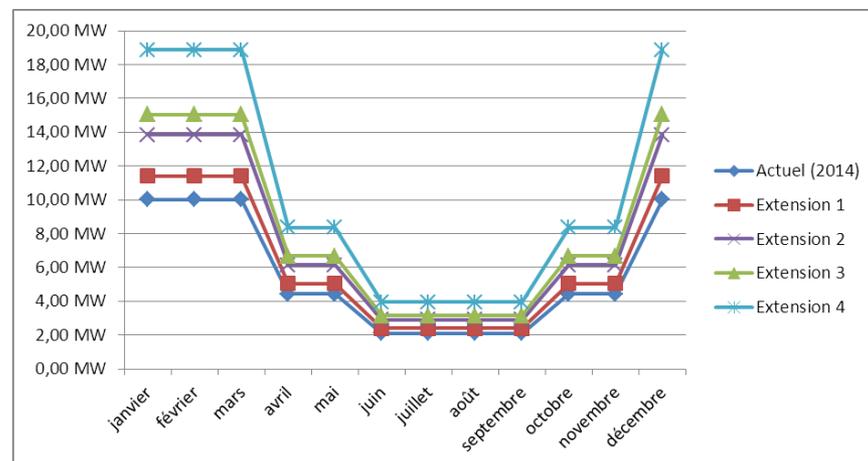
Option A : Extensions du réseau de chaleur



→ Puissance souscrite 2014 : 25,0 MW

	Communes concernées	Augmentation de la puissance souscrite
Extension 1	Chatou	+ 3,5 MW
Extension 2	Houilles	+ 9,6 MW
Extension 3	Chatou et Carrières-sur-Seine	+ 12,6 MW
Extension 4	Chatou, Carrières-sur-Seine et Houilles	+ 22,2 MW

- Puissance des échangeurs actuels du réseau (2x10MW + 2x7MW) suffisante.
- Capacité de fourniture : quasiment 100% pour toutes les extensions et tous les scénarios (appel du réseau estimé d'après la monotone 2014 et chaleur disponible d'après les modélisations du cycle eau-vapeur)



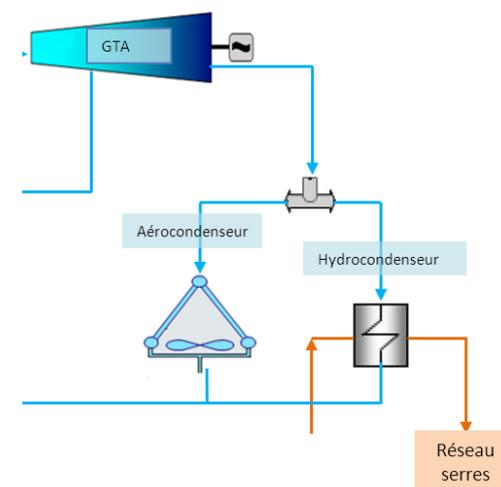
Options de valorisation thermique

Option B : Fourniture de chaleur à des serres agricoles

- Alimentation de serres agricoles à partir de la **chaleur fatale** disponible à l'échappement turbine. Installation d'un échangeur hydrocondenseur en parallèle de l'aérocondenseur
- 2 surfaces étudiées : 5 ha et 10 ha
- Pression à remonter légèrement à l'échappement du GTA (pertes électriques)
- Besoins énergétiques importants
- Opération éligible aux CEE



Caractéristiques énergétiques de serres agricoles	
Puissance maximale appelée	1,2 MW/ha
Température demandée	45 - 55 °C
Consommation	4 000 MWh/ha/an



→ Capacité de fourniture suffisante pour 5 ha, appoint (chaudière gaz chez le serriste ou chaudières réseau de chaleur) nécessaire pour les pointes de consommation pour 10 ha

Bilans et performance énergétique des scénarios

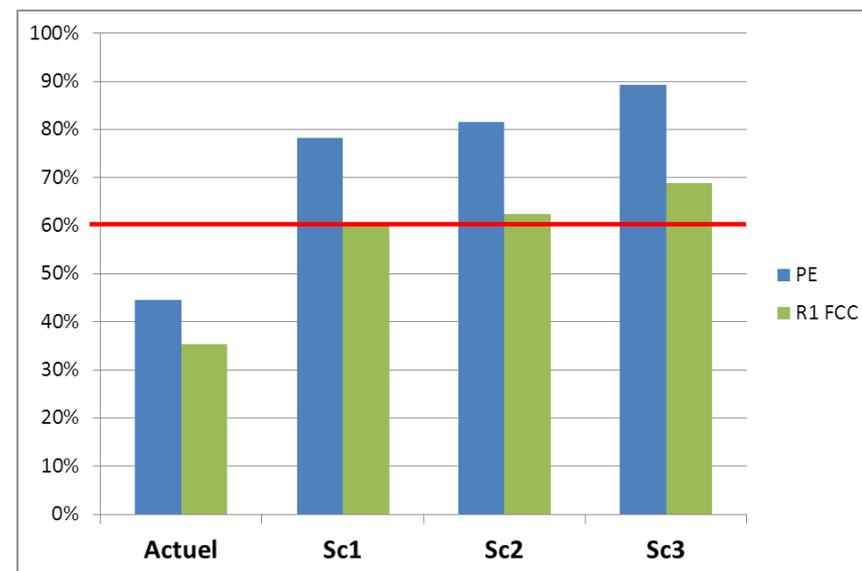
➤ Scénarios de base :

- Production électrique **x 2 à 3** (47 500 à 57 200 MWh/an suivant scénario)
- Exportation électrique **x 3 à 4** (35 200 à 44 900 MWh/an suivant scénario)

➤ Performance énergétique des scénarios

	Actuel	S1 (base)	S2 (base)	S3 (base)
PE	45% 😞	78% 😊	81% 😊	89% 😊
Gain (ref: 2014)		+ 34%	+ 37%	+ 45%
R1 FCC	35% 😞	60% 😞	62% 😐	69% 😊
Gain (ref: 2014)		+ 23%	+ 25%	+ 32%

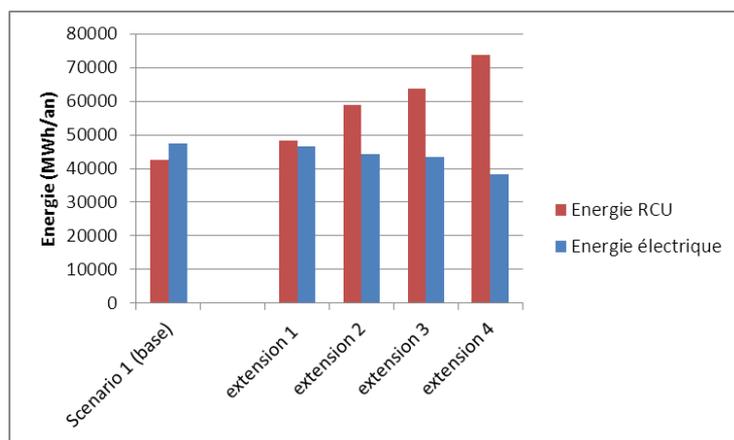
- **Scénario 1** : PE > 60 %
- **Scénario 2** : R1 FCC > 60 % mais un peu juste
- **Scénario 3** : R1 FCC largement > 60%.



Bilans et Performance énergétique des options

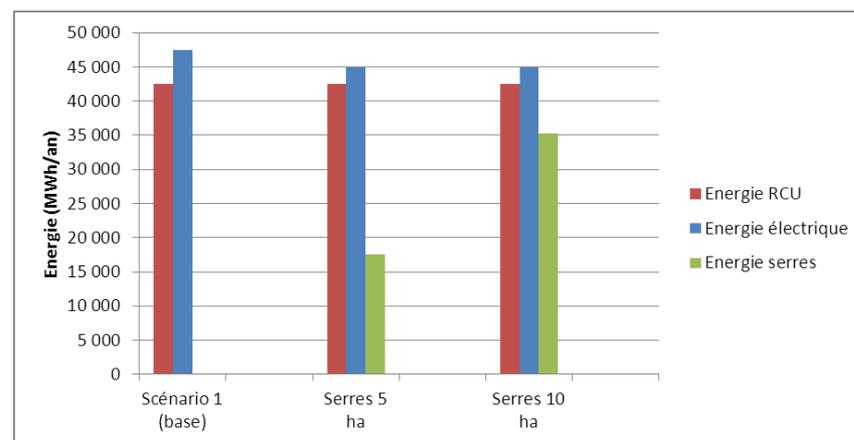
Les options sur la valorisation thermique permettent de sécuriser le dépassement du seuil de 60% pour le R1 FCC

Option A : Extensions du réseau de chaleur
+ 1 point par 3-4 MW souscrits supplémentaires



	S1 (base)	S1 + extension 1	S1 + extension 2	S1 + extension 3	S1 + extension 4
PE	78%	80%	82%	83%	84%
		+ 1%	+ 4%	+ 5%	+ 6%
R1 FCC	60%	61%	63%	65%	68%
		+ 1%	+ 3%	+ 5%	+ 6%

Option B : Fourniture de chaleur à des serres agricoles
+ 1 point par hectare



	S1 (base)	S1 + 5ha serres	S1 + 10ha serres
PE	78%	81%	88%
		+ 3%	+ 10%
R1 FCC	60%	64%	71%
		+ 4%	+ 11%

➤ Serres : consommateur plus intéressant énergétiquement que le réseau car utilisant de l'énergie fatale qui a déjà produit toute l'électricité possible.

Annexe : Modalités de calcul de la performance énergétique

2 indicateurs de performance énergétique :

FORMULE « R1 » européenne

Directive 2008/98/CE

- Comparent **l'énergie valorisée** (chaleur et électricité) à **l'énergie entrante** (contenue dans les déchets). **L'énergie importée** (électricité, combustibles fossiles, ... consommés) est retranchée.

FORMULE « PE / TGAP » française

Arrêté du 3 août 2010

Principales différences

- **2015** : introduction d'un **facteur climatique** (facteur multiplicatif fonction des DJU : 1.19 pour la région Ile-de-France)
- **PCI des déchets « réel »**
- Formule utilisable à l'avenir pour le calcul de la TGAP ? (harmonisation européenne)

- Prise en compte des **autoconsommations thermiques du site** (réchauffage d'air de combustion, de bêche alimentaire,...) : **calcul plus favorable**
- **PCI des déchets fixé** (2044 kcal/kg) : **avantageux pour CRISTAL** (2374 kcal/kg)
- **Formule utilisée pour le calcul de la TGAP** et des soutiens des éco-organismes