

Votre performance, **notre engagement**

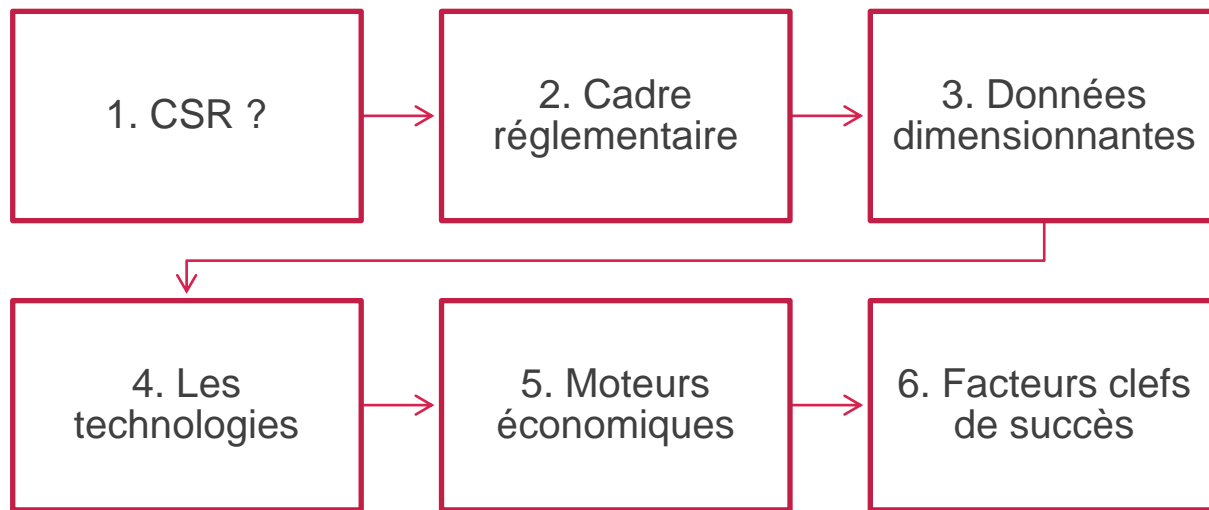


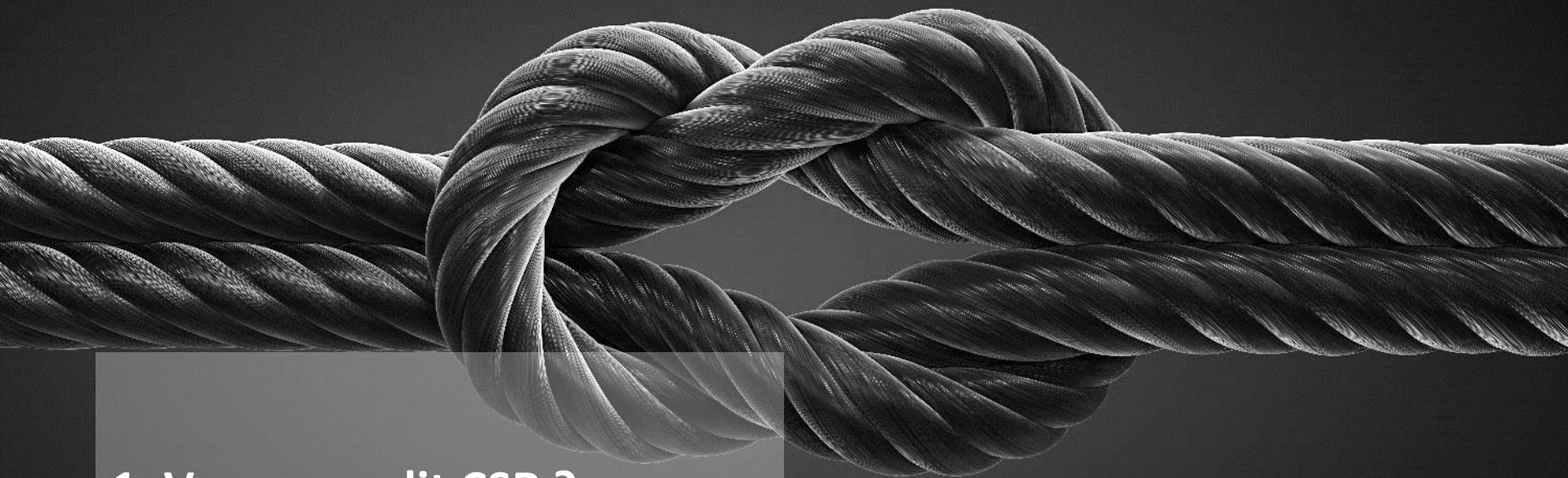
Webinaire ATEE Nouvelle Aquitaine

Conception et Design des chaufferies CSR



Chaufferie **CSR** : opportunité environnementale et de production de chaleur **bas carbone** ?





1. Vous avez dit CSR ?

1. Combustible Solide de Récupération

Signification et dénomination internationale

- Fraction à forte valeur énergétique de déchets non recyclables
- RDF : Refused Derived Fuel
- SRF : Solid Recovered Fuel



C'est avant tout une définition réglementaire française

- Arrêté du 23/05/16 relatif à la préparation des combustibles solides de récupération en vue de leur utilisation dans des installations relevant de la rubrique 2971 de la nomenclature des installations classées pour la protection de l'environnement
- Des caractéristiques physiques
 - PCI > 12 MJ/kg
 - mercure (Hg) : 3 mg/kg de matière sèche ;
 - chlore (Cl) : 15 000 mg/kg de matière sèche ;
 - brome (Br) : 15 000 mg/kg de matière sèche ;
 - total des halogénés (brome, chlore, fluor et iode) : 20 000 mg/kg de matière sèche.

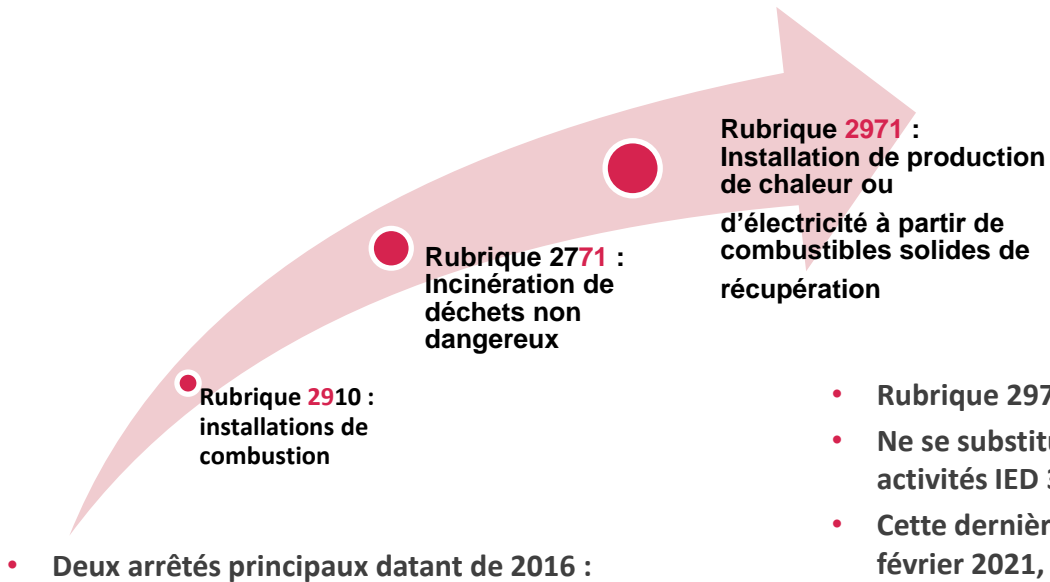


Il n'y a pas UN CSR

- Des caractéristiques physiques larges,
- Des origines multiples,

2. Cadre réglementaire

2. Cadre réglementaire français



- Deux arrêtés principaux datant de 2016 :

Arrêté du 23/05/16 relatif à la préparation des combustibles solides de récupération en vue de leur utilisation dans des installations relevant de la rubrique 2971 de la nomenclature des installations classées pour la protection de l'environnement

Arrêté du 23/05/16 relatif aux installations de production de chaleur et/ou d'électricité à partir de déchets non dangereux préparés sous forme de combustibles solides de récupération dans des installations prévues à cet effet associés ou non à un autre combustible et relevant de la rubrique 2971 de la nomenclature des installations classées pour la protection de l'environnement

- Rubrique 2971 soumise à autorisation quelque soit la puissance,
- Ne se substitue pas aux autres rubriques applicables, notamment les activités IED 3520 : Incinération ou co-incinération de déchets,
- Cette dernière rubrique a fait l'objet d'une mise à jour au mois de février 2021,
- Des impacts techniques forts sur les installations
 - > Temps de séjour des gaz chauds : 850°C pendant 2 secondes
 - > Emissions d'oxydes d'azote < 80 mg/Nm³ à 11% d'O₂ (selon combustible)
 - > Emissions de poussières < 5 mg/Nm³ à 11% d'O₂ (selon combustible)
 - > Emissions de HCL < 6 mg/Nm³ à 11% d'O₂ (selon combustible)

3. Données dimensionnantes



3. Données dimensionnantes

L'usage

- Usage thermique via un fluide (eau chaude, vapeur, fluide thermique, ...)
- Usage à destination de la cogénération,
- Usage direct ou indirect du combustible dans un procédé industriel
- **Une taille critique en puissance sur les projet de combustion : ≈15 MW**

Une installation et une exploitation adaptée au combustible

Un combustible adapté à l'usage

Le CSR

- Deux exemples, deux projets :
 - > Déchet automobiles : 30% à 40% de cendres et inertes, part biogénique nulle, PCI de 25 MJ/kg, taux de métaux lourds élevé
 - > Déchets d'ameublement : 10% de cendre et inertes, 80% de part biogénique, PCI de 12 à 14 MJ/kg, taux de polluants faible

La localisation

- La localisation engage sa réussite tant sur les contraintes d'approvisionnement que d'acceptabilité locale du projet
- Elle engage également la disponibilité et proximité du combustible

3. Données dimensionnantes, focus CSR

Densité et conditionnement

- Dimensionnement des installations de stockage : capacité
- Validité économique du transport



Pouvoir Calorifique (PCI)

- Dimensionnement et choix de la technologie de chaudière,
- Dimensionnement des installations de stockage : capacité
- Validité économique du transport

Taux de cendre et inertes

- Dimensionnement et choix de la technologie de chaudière,
- Impact fort sur les OPEX avec coût de traitement



Taux de Chlore et autres halogénés

- Dimensionnement et choix de la technologie de chaudière,
- Contraintes sur le fluide sélectionné (Exemple capacité de surchauffe vapeur)
- Choix des matériaux en chaudière et impact CAPEX important



4. Les technologies (hors usage direct)

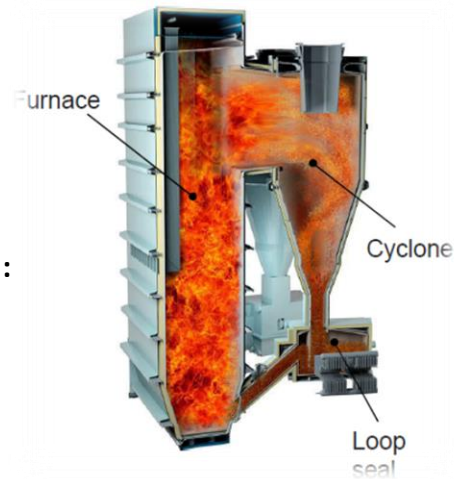
4. Les technologies, **Stockage** et manutention

- Quelques étapes clés :
 - > Déstockage,
 - > Prétraitement si nécessaires : criblage, déferrailage, métaux non ferreux
 - > Stockage,
 - > Alimentation
- Une technologie à adapter
 - > au combustible et au mode de préparation et d'approvisionnement du CSR,
 - > au volume annuel de CSR ,
 - > Aux contraintes d'implantation,
 - > Aux contraintes d'exploitation
- De nombreuses technologies disponibles



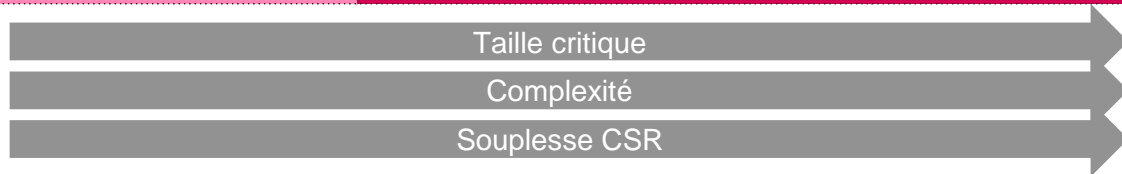
4. Les technologies, Focus Chaudières

- Une base commune fixée par les contraintes techniques et réglementaires : chaudière tube d'eau ou assimilée
 - > Temps séjour de 850°C, 2 secondes imposé,
 - > Combustible solide avec des taux de cendre élevés et potentiellement poussiéreux,
 - > Réduction Non Catalytique des Oxydes d'azote (SNCR),
- De nombreuses technologies de combustion à adapter au CSR
 - > Grille mobiles,
 - > Grilles tournantes, spreader stocker,
 - > Foyers rotatifs,
 - > Lits fluidisés bouillonnants
 - > Lits fluidisés circulants
- Nécessité d'équipements adaptés aux contraintes du CSR :
 - > Extraction des cendres,
 - > Matériaux des équipements de chauffe,
 - > Réfractaires,
 - > ...



4. Les technologies, Focus Chaudières

Paramètres	Four à grille	Lit fluidisé bouillonnant	Lit fluidisé bouillonnant
Température de combustion	1 000 à 1 200 °C	850°C – 950 °C	850°C – 950 °C
Contrainte corrosion HT	Elevée au halogénés	Elevée au halogénés	Plus maîtrisable sur T° de surchauffe vapeur élevée
Usage	Souple	Plus orienté vapeur	Plus orienté vapeur
Préparation du combustible	Pas d'impératif de criblage ni déferrailage.	Exigeant sur la granulométrie : nécessité de cribler et déferrer le combustible.	Exigeant sur la granulométrie : nécessité de cribler et déferrer le combustible.
Capacité d'adaptation à variation de PCI	Faible	Plus grande adaptabilité aux combustibles (PCI, humidité, taux de cendres, types).	Très grande adaptabilité aux combustibles (PCI, humidité, taux de cendres, types).
Combustion	Temps de séjour du combustible constant. Risque de présence d'imbrûlés.	Bonne capacité à brûler des combustibles difficiles. Bon contact combustible/air.	Bonne capacité à brûler des combustibles difficiles. Bon contact combustible/air.
		Temps de séjour du combustible variable.	Temps de séjour du combustible fixe.
		Risque de départs d'imbrûlés important en cas d'irrégularité d'alimentation	Risque de départs d'imbrûlés faible
Traitement des fumées	Plus important sur NOx, Equivalent sur SOx et poussières	Minimisé sur NOx, Equivalent sur SOx et poussières	Minimisé sur NOx, Equivalent sur SOx et poussières
Excès d'air	50 à 70%	20 à 40%	20 à 30%
Taux d'imbrûlés	< 2%	< 1%	< 1%
Rendement	85 – 90%	87 – 92%	88 - 94%
Volume des fumées	Important	Moyen	Moyen
Minimum Technique	15% - 30%	50% - 70%	60-80%
Emissions en amont du traitement des fumées (NOx, CO)	Mesures primaires de réduction des NOx et stabilisation du CO plus contraignantes : température de combustion peu homogène	Bonne maîtrise de l'équilibre NOx / CO du fait de la combustion volumique	Très bonne maîtrise de l'équilibre NOx / CO du fait de la combustion volumique et circulante
Répartition cendres volantes / cendres sous foyer	20-30% / 80-70%	80-90% / 20-10%	50-70% / 30-50%
Maintenance	Importantes et beaucoup de pièces mécaniques	Moyenne et peu de pièces mécaniques.	relativement importante du fait des phénomènes potentiels d'érosion et peu de pièces mécaniques.



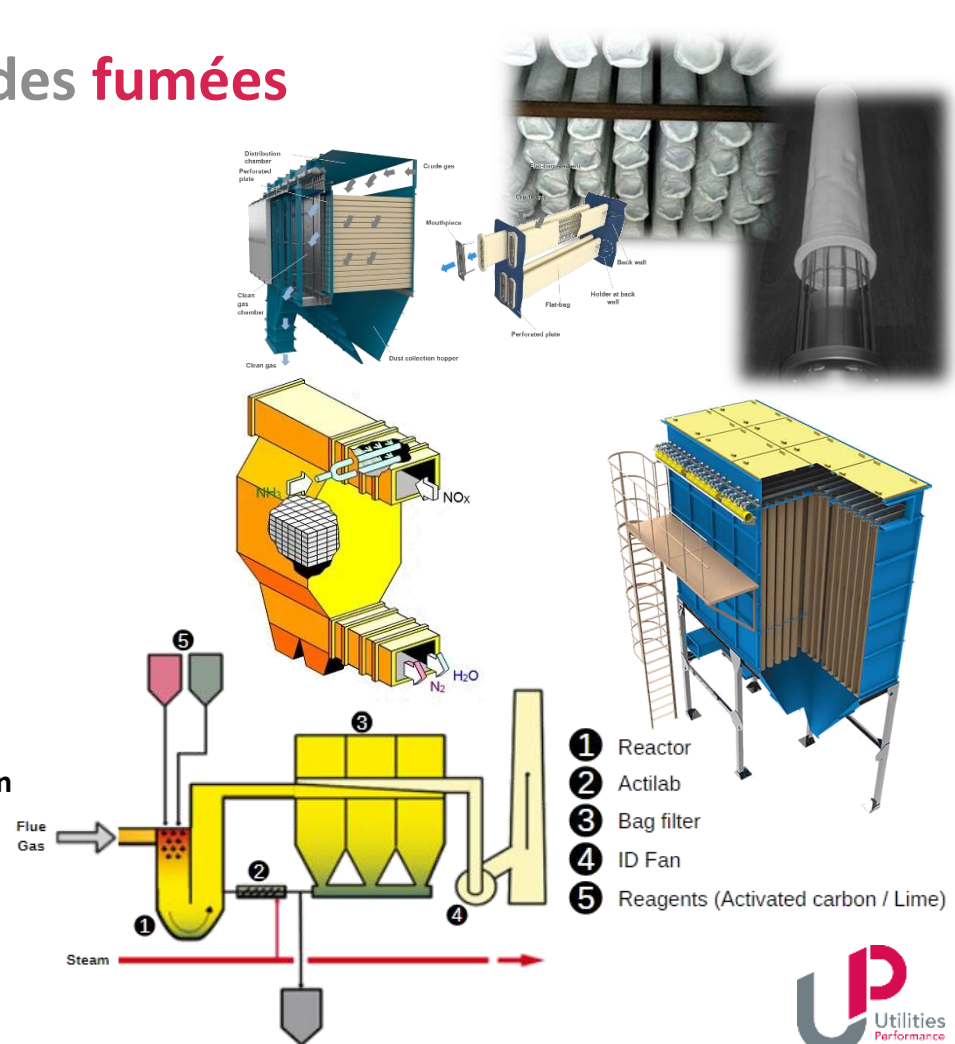
4. Les technologies, blocs fonctionnels CSR

Ville	Pays	Date de mise en service	Opérateur	Nature du capital	Technologie	Puissance thermique nominale (MW)	Quantités de RDF utilisées (kt/ an)	% massique RDF	PCI RDF (MJ/kg)	Préparation intégrée (site ou groupe)	Type de déchets utilisés pour la préparation	Production d'électricité	Client chaleur	P vapeur fournie (bar)	T vapeur fournie (°C)
Wijster	NL	1996	Attero	Privé	Grille	210	640	91%	8,4-8,8	Oui	OMR / DAE	Oui Réseau	Noblesse (agroalim)	6,5	165
Minden	DE	2002	KAVG GmbH	Public	Grille	15	36	100%	10-14	Oui	OMR	Oui Interne	Siegfried (Pharma)	13	240
Bremen Blumenthal	DE	2005	BREWA	Public	Grille	35	65-68	100%	10-12	Oui	OMR >80% DAE	Oui Réseau	Textiles techniques Evaporation déchets liquides Chauffage urbain	4	140
Fusina	IT	2006	ENEL	Public	Pulvérisation	640	-60	4-6%	19	Non	OMR	Oui Réseau	Non	-	-
Korbach	DE	2008	MVV	Public	Grille	37	76	100%	14,5	Partiel	OMR	Oui Interne	Continental (pneus)	22	220
Anjalankoski	FI	2008	Stora Enso	Privé	LFB	170	-80-100	-20% (50% énergie)	14,5-18	Non	DAE / boues papeterie / écorce	Oui Réseau	Stora Enso Papeterie	10,5 4,7 2,2	200 167 145
Giessen	DE	2009	TREA	Public	Grille	9	16	100%	11,5-14,5	Non	DAE	Non	Chauffage urbain	Eau chaude	Eau chaude
Witzenhausen	DE	2009	DS Smith	Privé	LFC	130	320	100%	11	Oui	OMR	Oui Papeterie et réseau	DS Smith (papier)	8	200
Bergame	IT	2009	A2A	Public	LFB	48	60	100%	16,9	Partiel (17%)	OMR Refus de tri CS	Oui Réseau	Chauffage urbain	Eau chaude	Eau chaude
Bernburg	DE	2010	Tönsmeier	Privé	Grille	215	320	>71%	13	Partiel	OMR / DAE	Oui Interne	Solvay (chimie)	40	400
Linz	AT	2012	Linz AG	Public	LFB	72	180	78%	10,4	Oui	OMR > 80% DAE, encombrants	Oui Réseau	Linz AG - Chauffage urbain	Eau chaude	Eau chaude
Landskrona	SW	2012	Landskrona Energie	Public	Grille	35	60	100%	12-16	Non	DAE	Oui Réseau	Chauffage urbain	Eau chaude	Eau chaude
Jepua	FI	2013	Adven	Privé	LFB	9,8	8,3	57%	12,9	Non	DAE (90%) / Déchets internes papier de verre (10%)	Non	Mirka-Papier de verre	29	233

Source : Rapport RECORD ETUDE N° 16-0250/1A UTILISATION DES CSR ET DES RDF EN EUROPE SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE ET SITUATIONS ADMINISTRATIVES RENCONTREES SUR LE TERRAIN

4. Les technologies, Traitement des fumées

- **Des contraintes fortes en rejets fortes**
 - > Emissions d'oxydes d'azote < 80 mg/Nm³ à 11% d'O₂ (selon combustible)
 - > Emissions de poussières < 5 mg/Nm³ à 11% d'O₂ (selon combustible)
 - > Emissions de HCL < 6 mg/Nm³ à 11% d'O₂ (selon combustible)
- **Des technologies de traitement des fumées maîtrisées,**
 - > Pré-séparation cyclonique (optionnelles),
 - > Injection de réactifs abattement des polluants : charbon actif,
 - > Injection de réactif abattement acides : Bicarbonate ou chaux,
 - > Procédé sec ou semi-humide,
 - > Filtre à manche,
- **SCR généralement nécessaire couplée ou non à une SNCR en injection d'urée ou de NH₃. SCR impérative pour les fours à grille**
- **Contrôle des émissions certifié obligatoire**



5. Moteurs économiques



5. Moteurs économiques



Compétitivité du coût énergétique global par rapport aux énergies fossiles



Evolutions réglementaires et fiscales sur les déchets



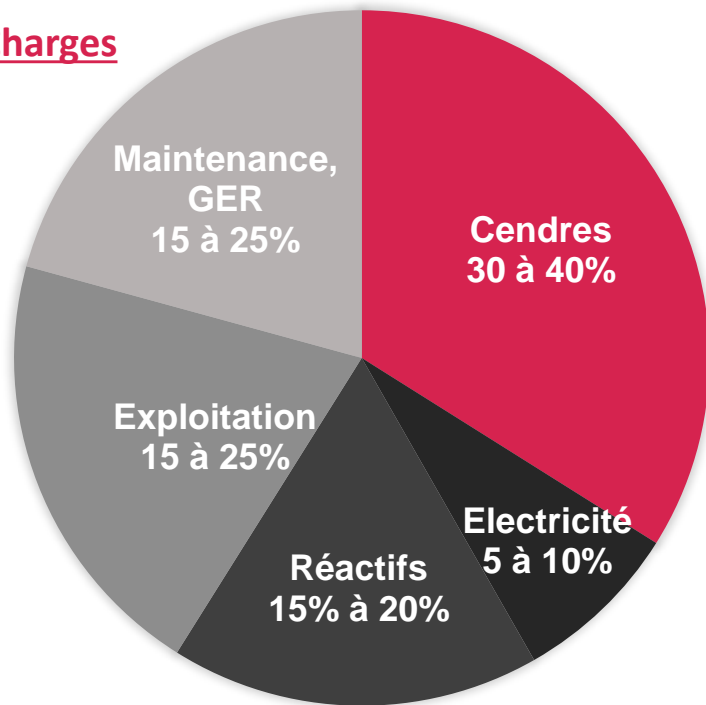
Une énergie partiellement décarbonée et un marché européen du carbone en forte hausse



Stabilité du coût du combustible : indexation hors marché des énergies fossiles

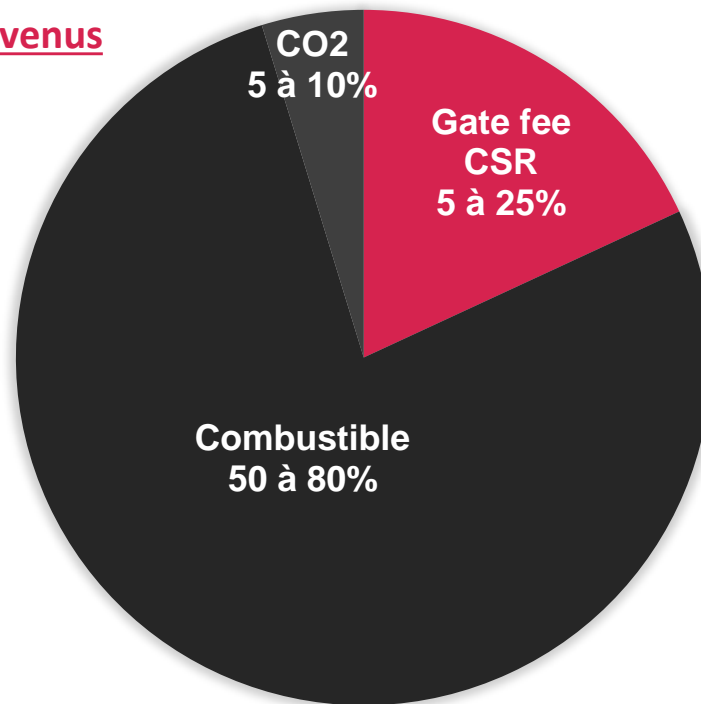
5. Moteurs économiques : Structure de coût

Charges



- Coût de traitement des cendres important dans la structure de charge par rapport à d'autres projets en combustibles solides

Revenus



- Revenus fortement basés sur le gain économique en différentiel avec un projet fossile

6. Facteurs clefs de succès



6. Facteurs clefs de succès

- **Un bonne qualification de l'usage énergétique,**

- > Dimensionnement des installations incluant les possibilités et contraintes d'exploitation,
- > Faisabilité d'utilisation des CSR avec l'usage,

- **Un combustible adapté à l'usage, à la localité du projet et un approvisionnement pérenne,**

- > Etudier les possibilités technologiques de l'usage,
- > Ajuster les propriétés du combustible au projet tout en prenant en compte les contraintes d'approvisionnement,
- > Engager des partenariats avec les producteurs de CSR sur une partie significative de l'approvisionnement,

- **S'engager localement et accompagner les procédures de demande d'autorisation d'exploiter,**

- > Des projets structurants pour les tissus économiques locaux,
- > Une filière en développement et environnementalement vertueuse,



- **Anticiper et maîtriser les investissements,**

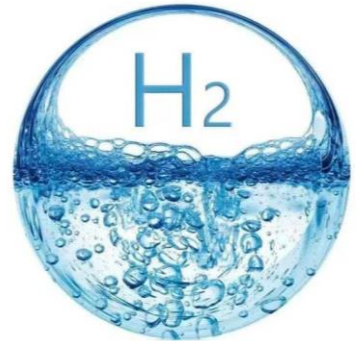
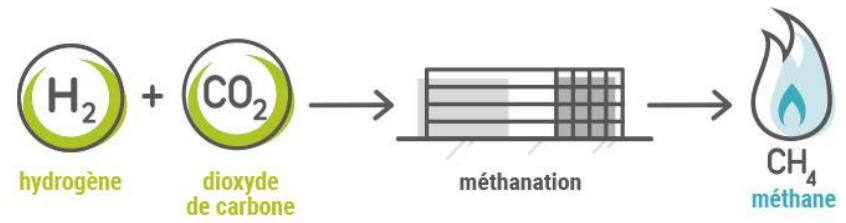
- > Phases d'avant-projet déterminantes afin de mettre sous contrôle les enjeux du projet,
- > Enjeux de maîtrise du planning sur des projets longs (3 ans),



- **Anticiper et maîtriser les enjeux d'exploitation**

- > Une installation pointue nécessitant des compétences d'exploitation,
- > Un enjeu fort sur les coûts de traitement des cendres et des réactifs,
- > Importance de l'exploitation pour maîtriser les coûts de maintenance et de renouvellement

Aller plus loin



**Merci de votre
attention**

