



Penser la production et la purification du biogaz pour valoriser nos déchets.



Introduction





Valorisation des déchets organiques

Production d'énergie



BIOGAZ



Penser la production et la purification du biogaz pour valoriser nos déchets

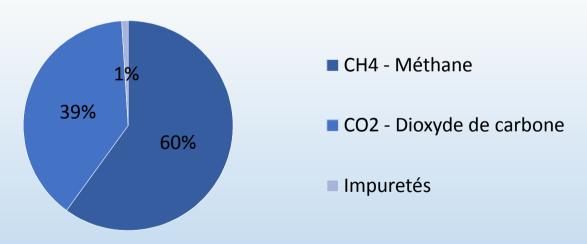
- 1) Définition et enjeux du biogaz
- 2) BioGas Simulator : Le guide de la production de biogaz
- 3) Application : le village de Blaesheim



Qu'est-ce que le biogaz ?

Gaz issu de la fermentation des déchets

Composition du biogaz :





Le digesteur ou méthaniseur





Une énergie renouvelable issue des déchets







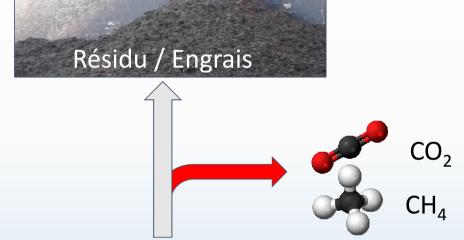
Bilan environnemental

CO₂

Pouvoir de Réchauffement Global (PRG)

Gaz		Concentration	PRG
CO ₂		400 pp m	1
CH ₄	*	1,8 pp m	23

Source: notre-planete.info

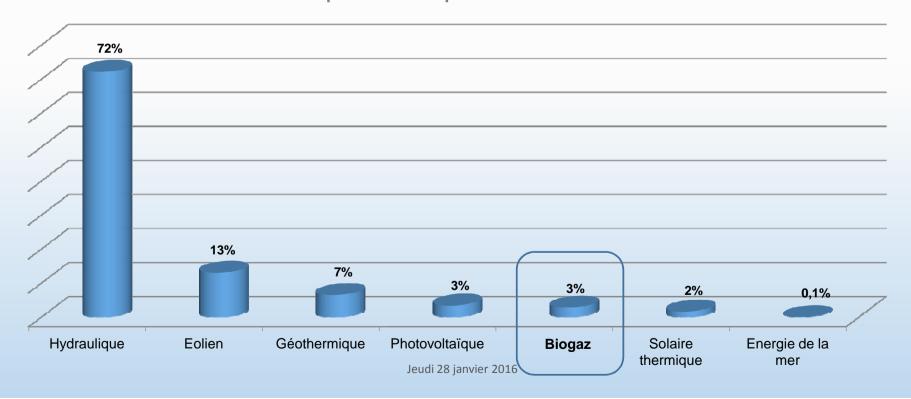






Situation mondiale

- Biogaz : 3% source d'énergie renouvelable mondiale
- En forte croissance : +8% par an depuis 2011



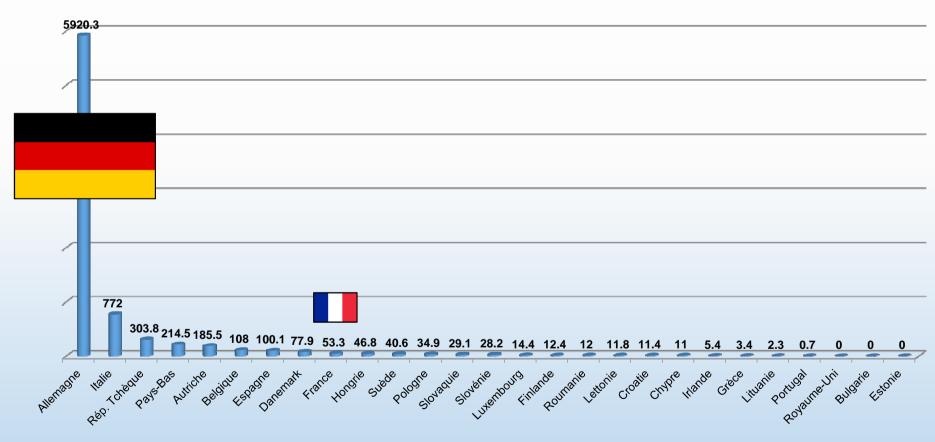


Répartition mondiale de la production





Situation en Europe





Des avantages concrets pour le particulier!

Avantages économiques

Nouveaux revenus

Avantages pratiques

Moins d'odeurs

Plus d'autonomie

Pourquoi un si faible développement en France ?

Jeudi 28 janvier 2016

11



Un faible développement en France ?



Maturité technologique



Politique française du biogaz

Jeudi 28 janvier 2016

12

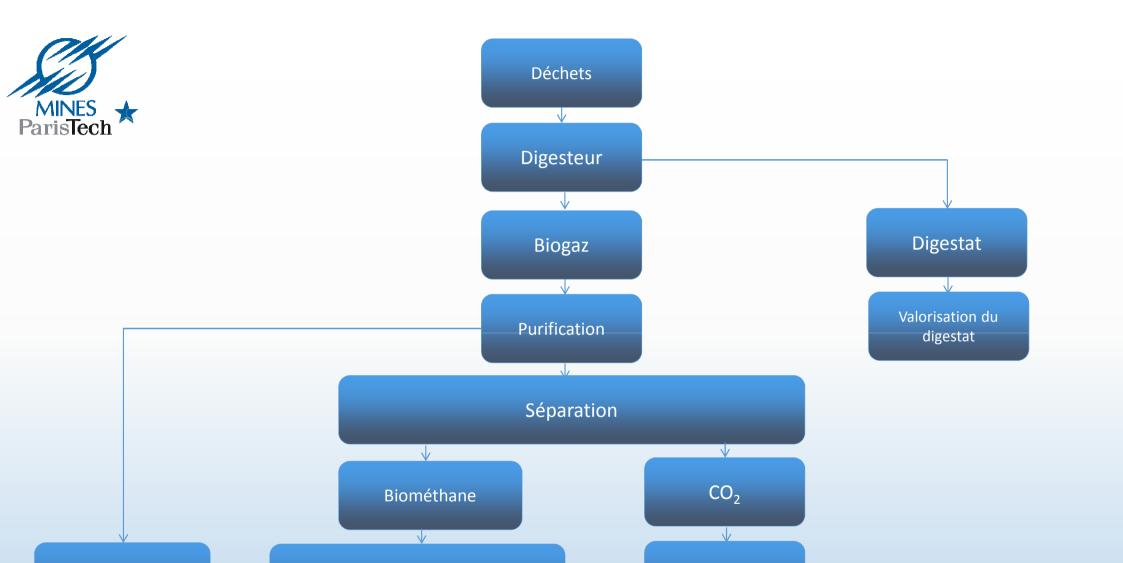


Les acteurs d'un projet de méthanisation





Présentation de BioGas Simulator, programme d'aide à la décision

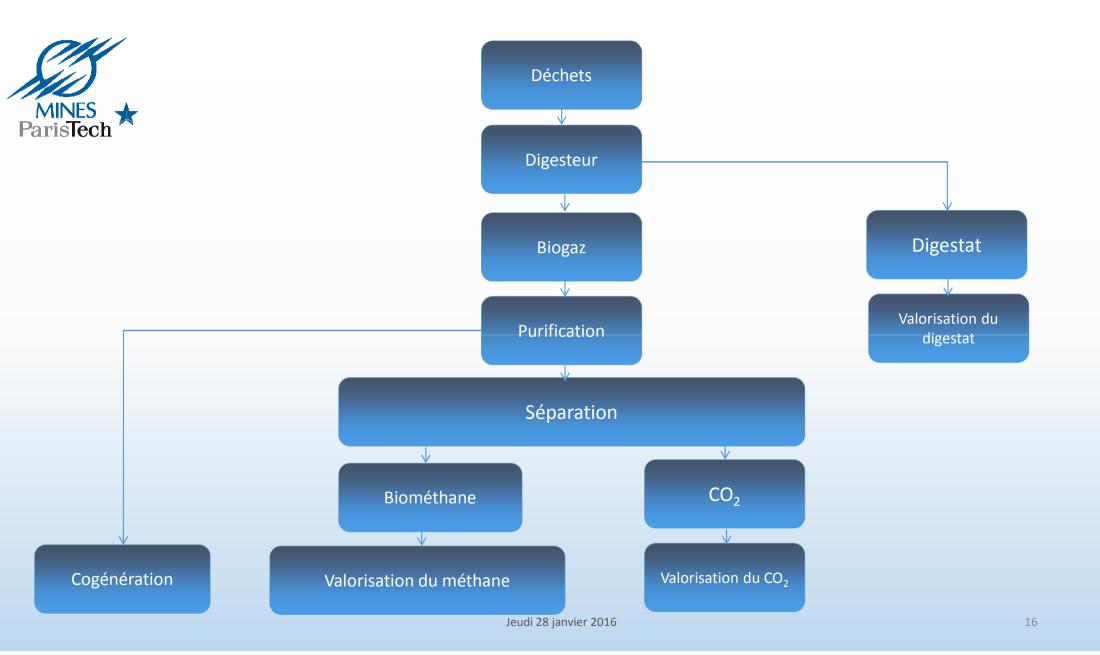


Jeudi 28 janvier 2016

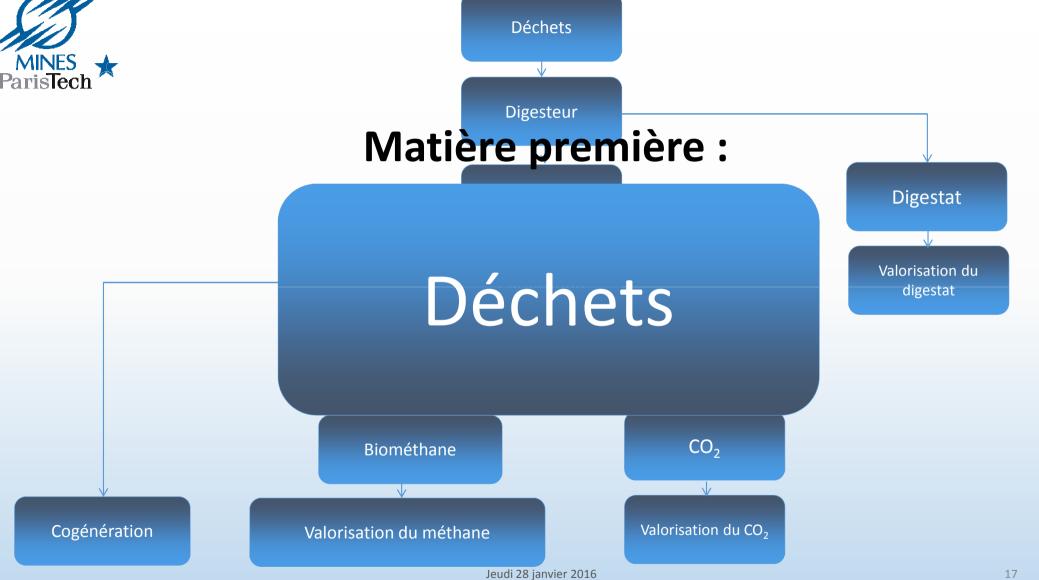
Valorisation du méthane

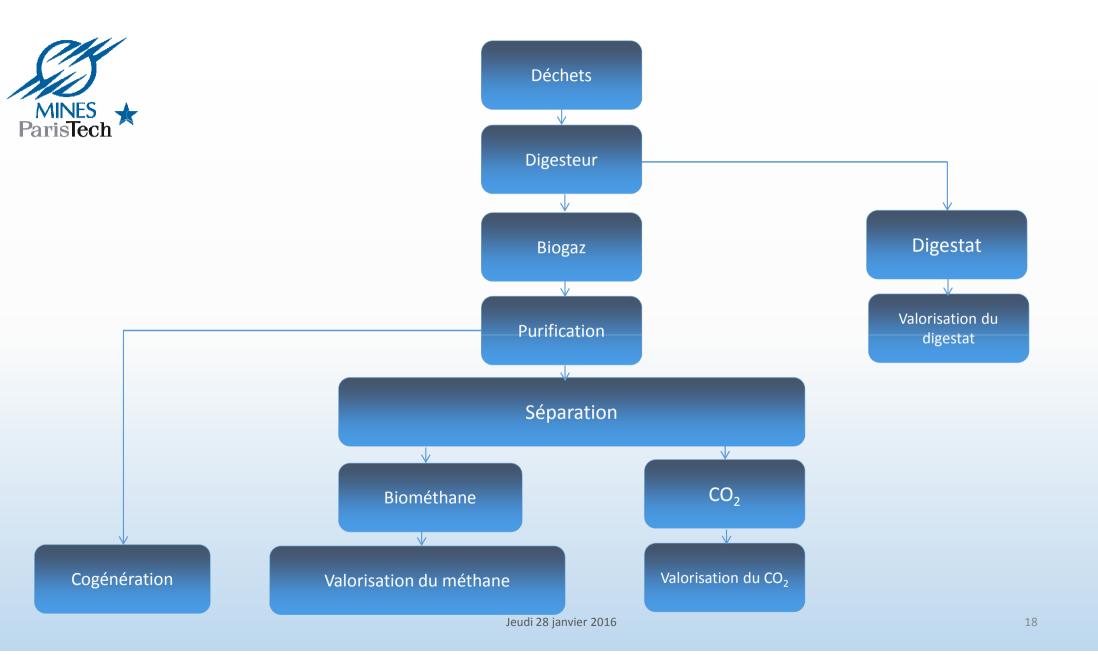
Valorisation du CO₂

Cogénération











Choix du digesteur/méthaniseur

Déchets

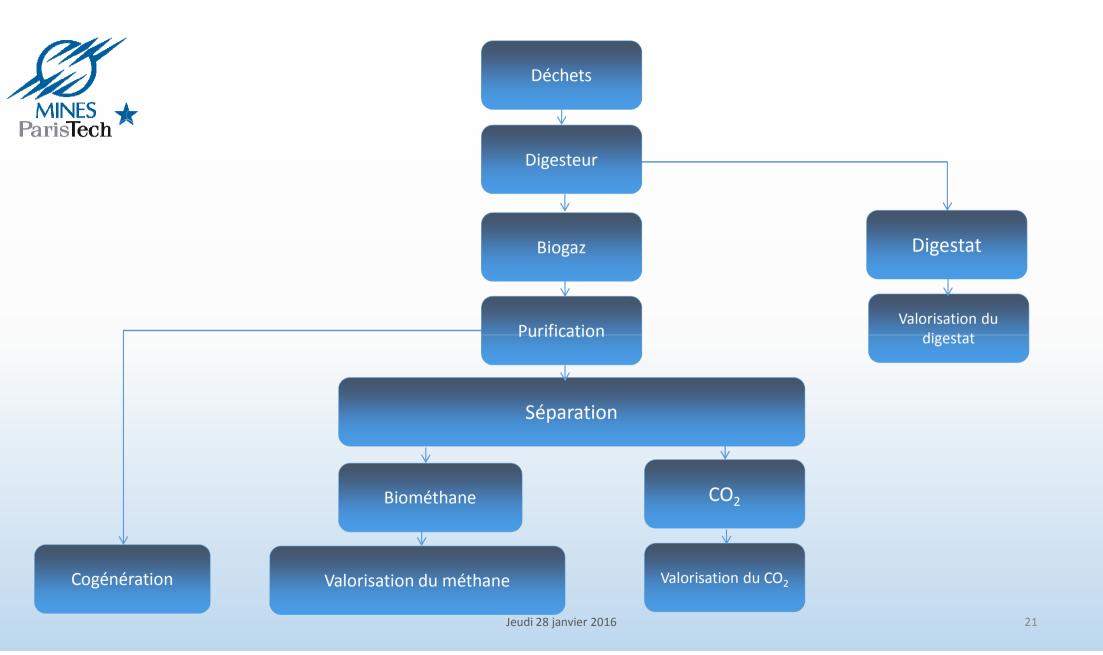


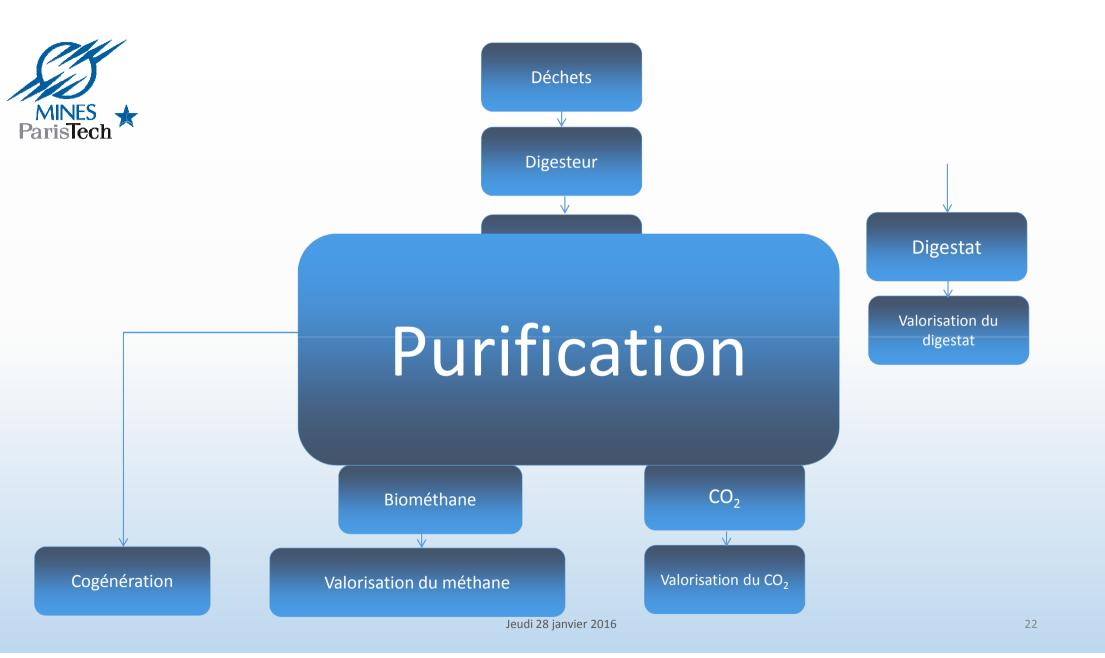
Digestat

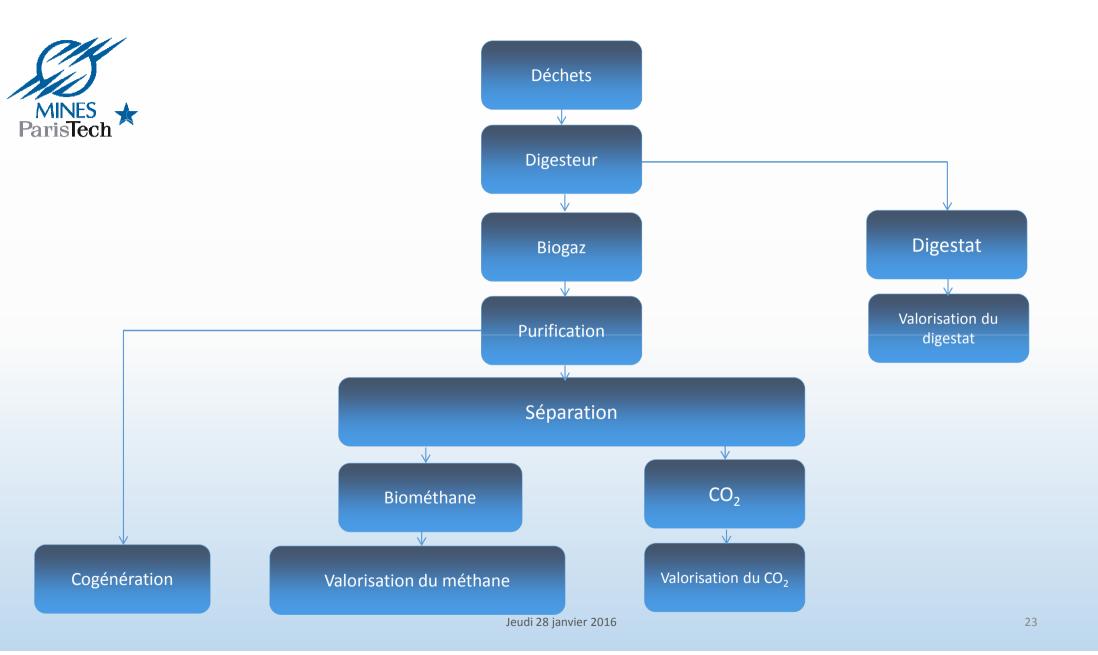
Valorisation du digestat

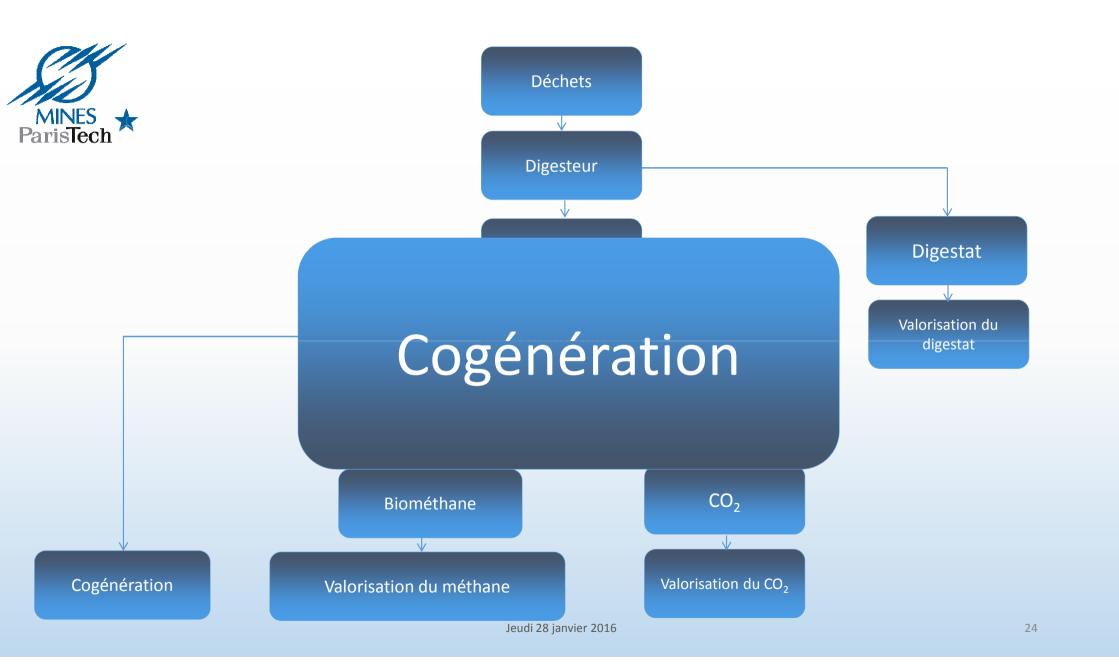


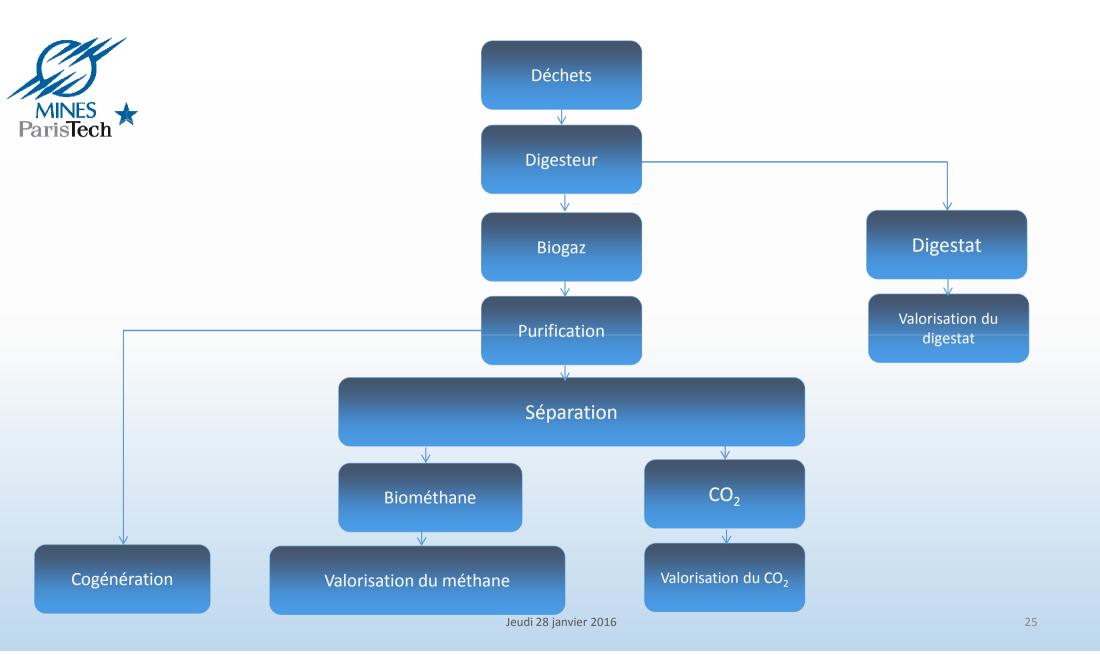










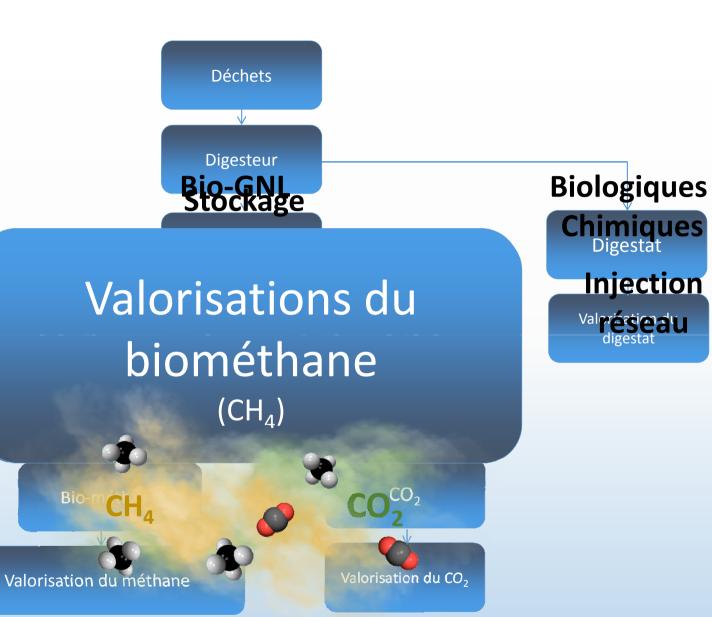


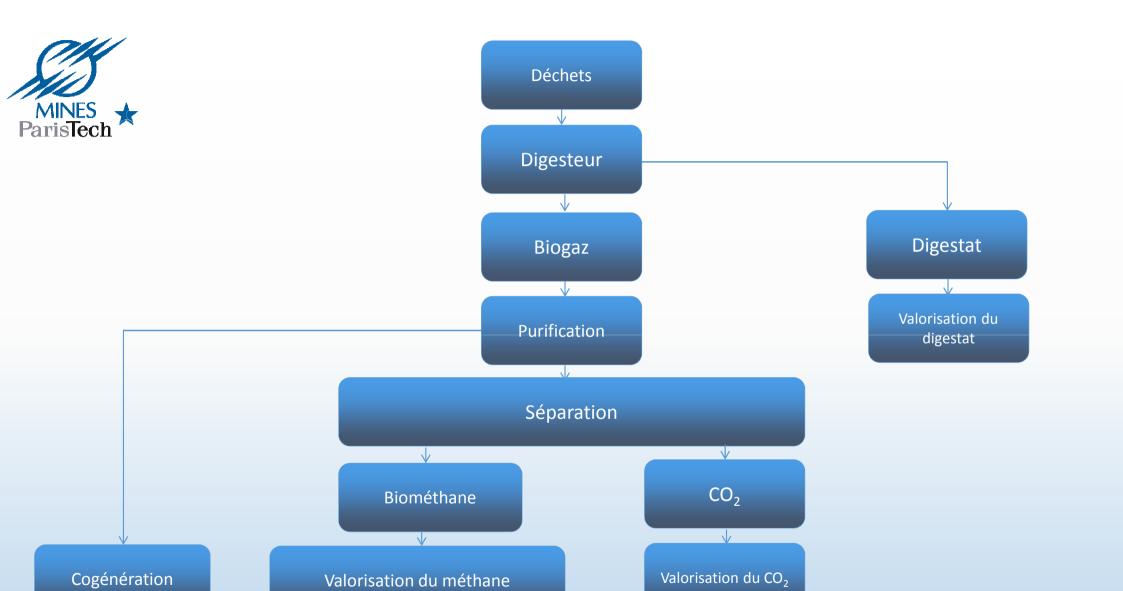


Rejet?

Production de BioH₂

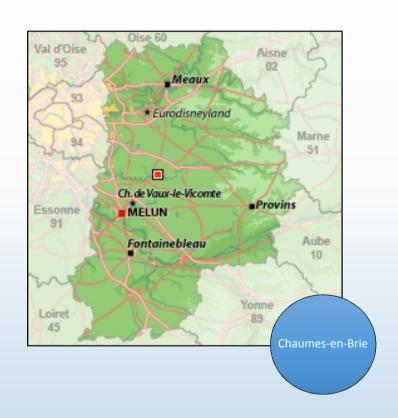
Cogénération







La ferme d'Arcy









Les origines du biogaz

Des provenances différentes



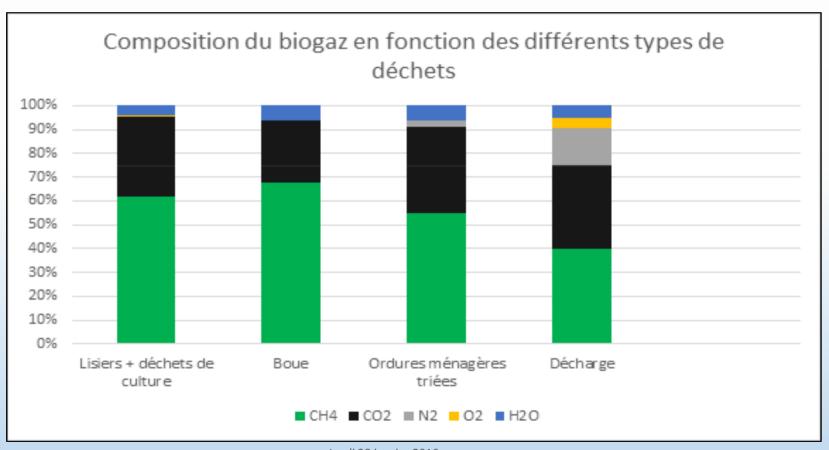






Les origines du biogaz

Composition du biogaz





Les origines du biogaz

La composition des entrants de MM. Quaak

Fumiers bovins (interne): 2500 t/an

Lactosérum (externe) : 4500 m³/an Lactosérum

CIVE (interne): 4500 t/an

Poussières de céréales (externe) : 1000 t/an





Dégradation de la matière organique Libération du biogaz Réaction grâce à des bactéries anaérobies

La méthanisation

Processus naturel

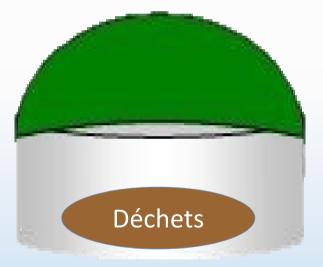


Schéma d'un digesteur

Jeudi 28 janvier 2016 32



Outils du méthaniseur

Du digesteur le plus rudimentaire au plus élaboré

Simple bâche

Méthaniseur *Nénufar®*

Temps de séjour long





Automatisation Méthaniseur instrumenté

Temps de séjour court

Chauffage (39°C)

Agitation

ir court



A la ferme d'Arcy

Milieu infiniment mélangé



Temps séjour : 80 jours

85% du biogaz libéré dans 1^{er} digesteur

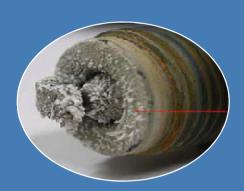
Jeudi 28 janvier 2016

34



La purification du biogaz





Conséquences:

- Endommagement des installations
- Baisse du rendement
- Augmentation de la maintenance
 - Toxicité



Purification du biogaz

Jeudi 28 janvier 2016

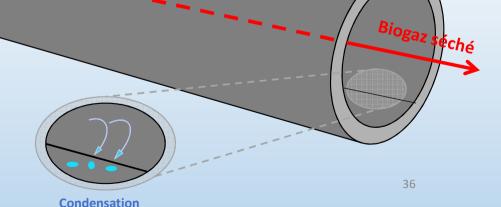
Biogaz

1^{ère} étape de la purification : le séchage du biogaz

Par condensation le long des conduits...

... A pression et température ambiante : économe

... A haute pression et basse température ...



Purification du biogaz



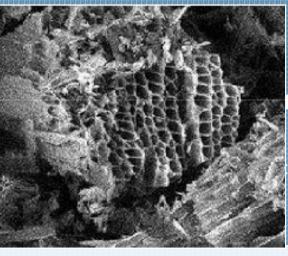
Lors de la méthanisation

Oxygén



Après la me

 Adsorption s régénérable



apacité de stockage important,



Après la méthanisation

- Tamis moléc Porosité → captage des impuretés
- Réaction d'o



Purification: la solution de MM. Quaak

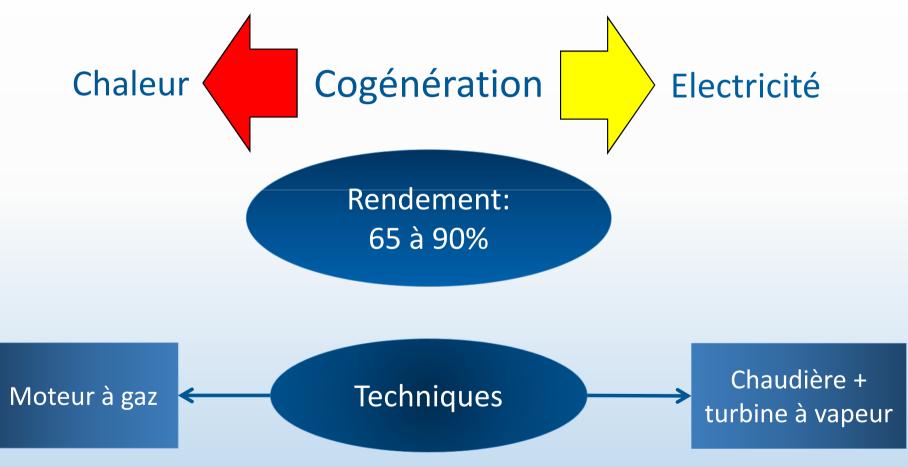
<u>Séchage du biogaz</u>: condensation le long des conduits avec mise sous pression et refroidissement sur 150m en profondeur

Elimination des autres impuretés : adsorption sur charbon actif

Solution la plus répandue et **ici** la plus économique et adapté au choix de valorisation du biogaz



Cogénération : principe et intérêts



Jeudi 28 janvier 2016



Cas d'utilisation

Quand utiliser la cogénération ?

Chaleur à valoriser

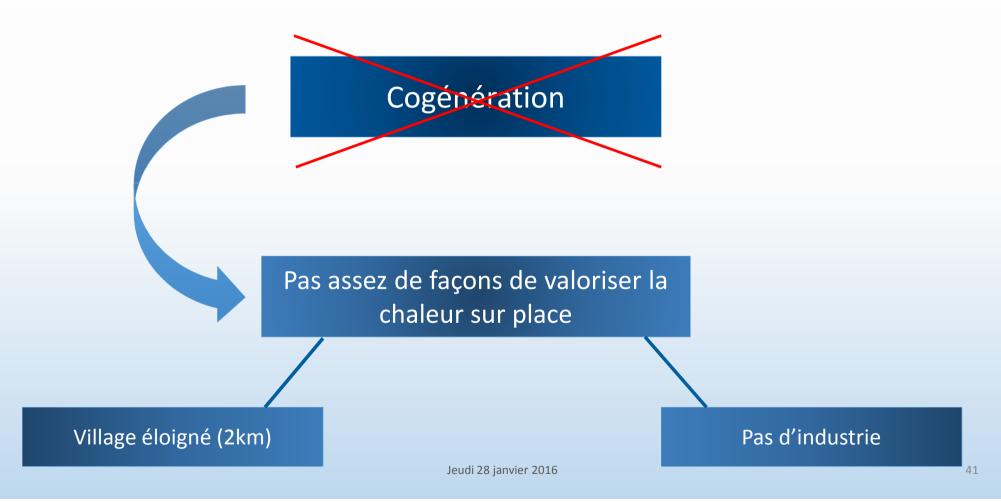
- Grands bâtiments
- Industrie (ex : laiterie)

Raccordement au réseau

Rachat par EDF



A la ferme d'Arcy





Intérêt de la séparation

<u>Augmenter le Pouvoir Calorifique Inférieur (PCI)</u>

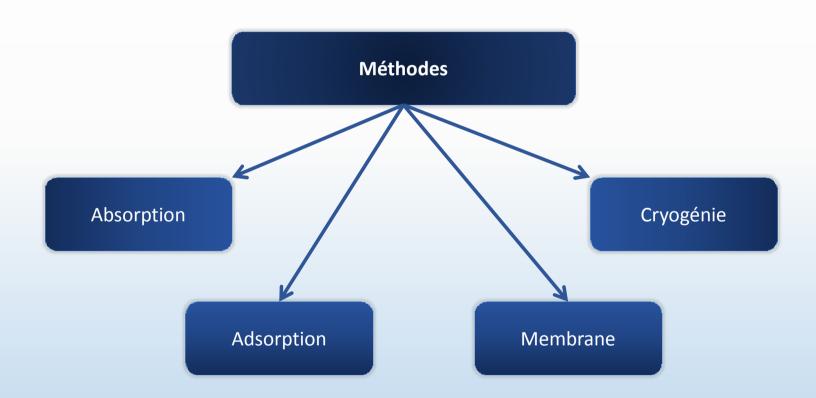
PCI			
		- 41	M vasa saaanaa
, ,	5,0	10	J . L
/ I () A / Io / N I 100 3)			
(kWh/Nm³)			

<u>Pureté nécessaire pour l'industrie</u> <u>chimique</u>



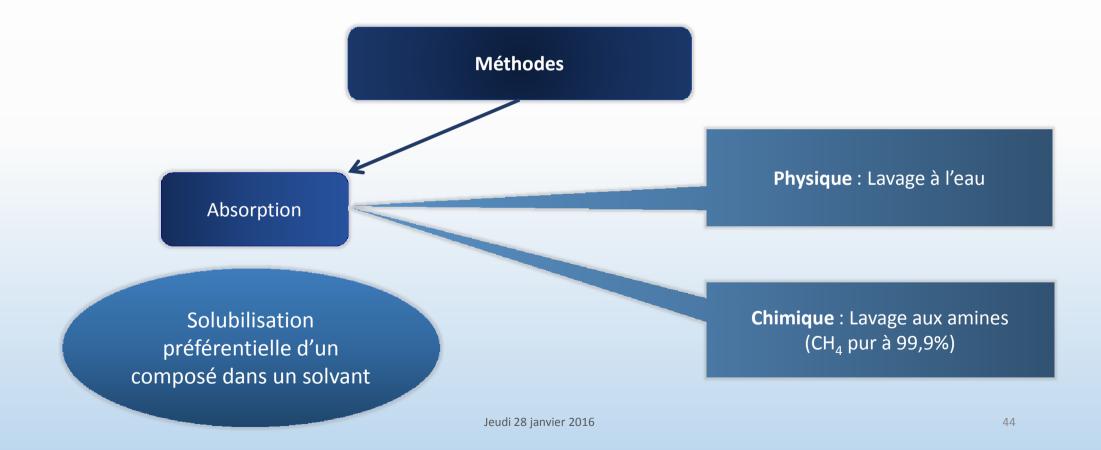


Séparation / Upgrading



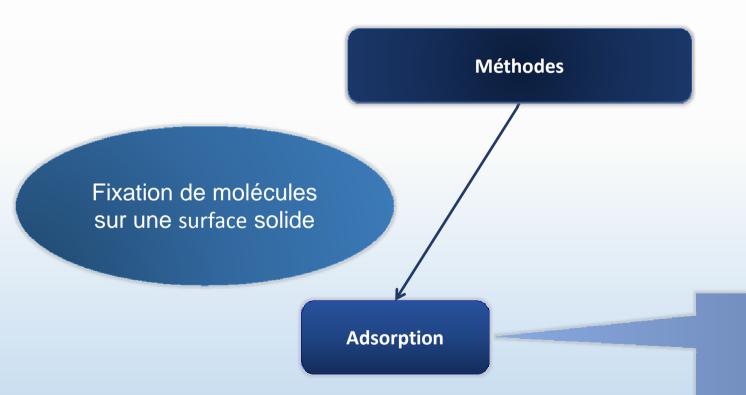


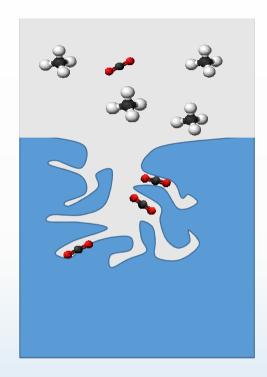
Séparation / Upgrading





Séparation / Upgrading





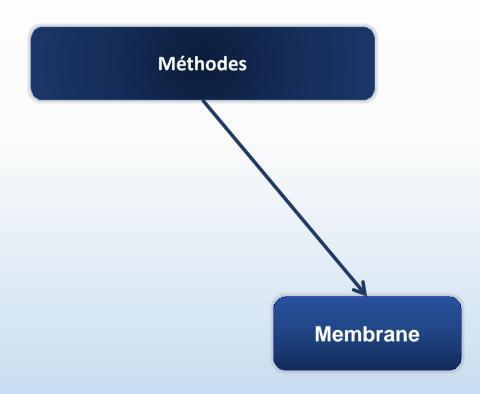
Procédé PSA

Adsorption à Haute Pression Désorption à Basse Pression

Jeudi 28 janvier 2016



Séparation / Upgrading





Séparation / Upgrading : Procédé membranaire

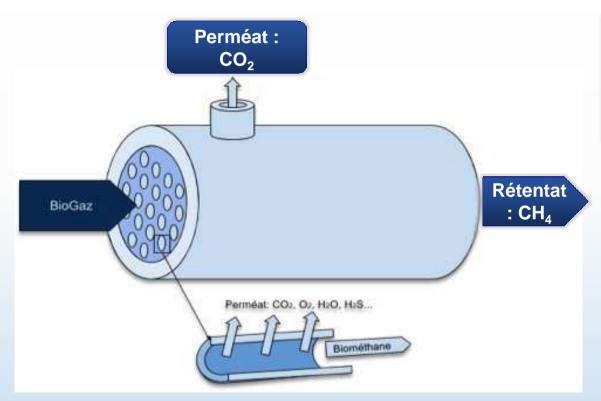


Schéma de fonctionnement

Diffusion des molécules de CO₂

→ Mécanisme contrôlé par les pressions partielles

Perméabilité P, Sélectivité α

 $\alpha = P(CO_2) / P(CH_4)$

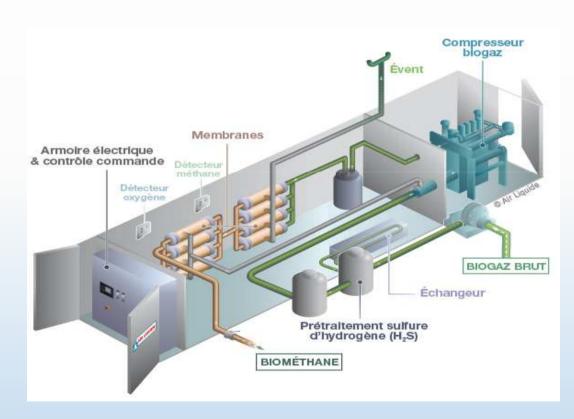
En sortie (rétentat) : CH₄ gazeux pur à 97%

Pression de 11 bar

Jeudi 28 janvier 2016



Séparation / Upgrading : Procédé membranaire







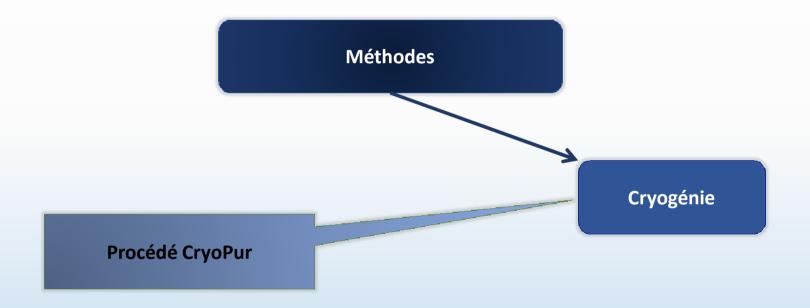
A la ferme d'Arcy

Solution économique

Méthode flexible

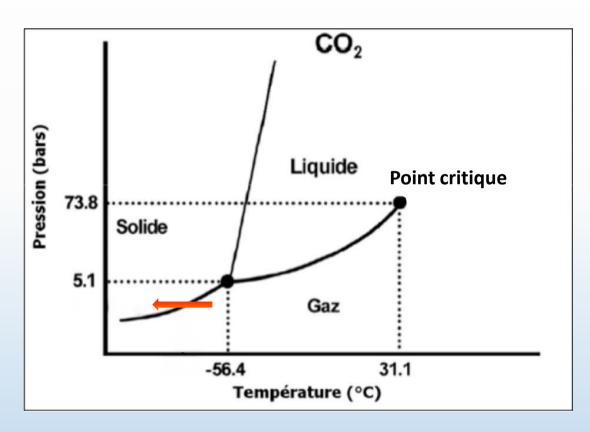


Séparation / Upgrading





Séparation / Upgrading : Procédé CryoPur®



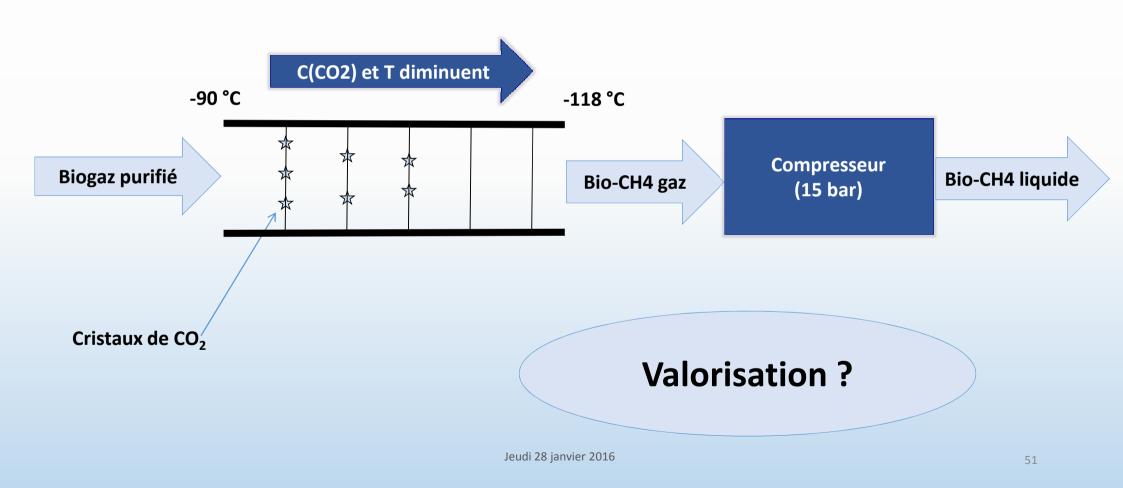
Antisublimation du CO₂ (condensation solide)

Diagramme de phase du CO₂

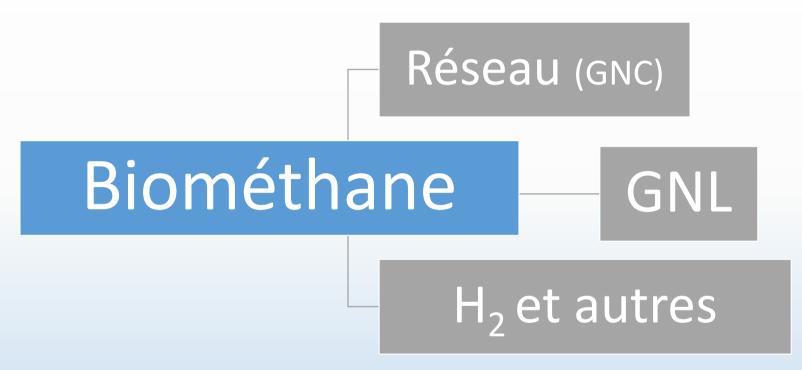
Jeudi 28 janvier 2016



Séparation / Upgrading : Procédé CryoPur®

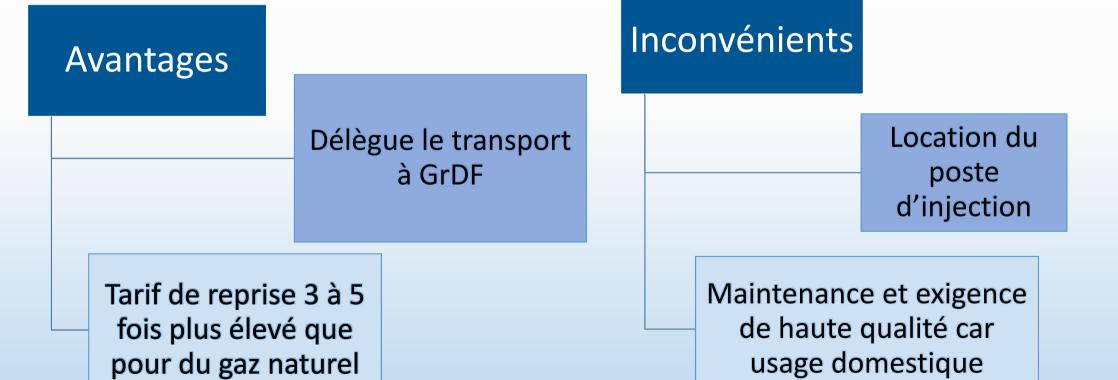








L'injection de biométhane dans le réseau GrDF



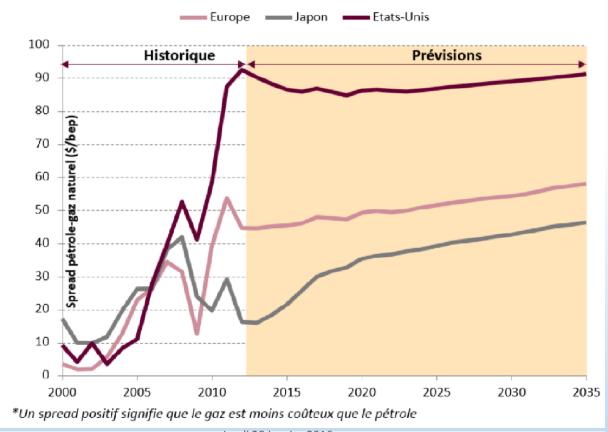
Jeudi 28 janvier 2016



Le GNL: un carburant d'avenir

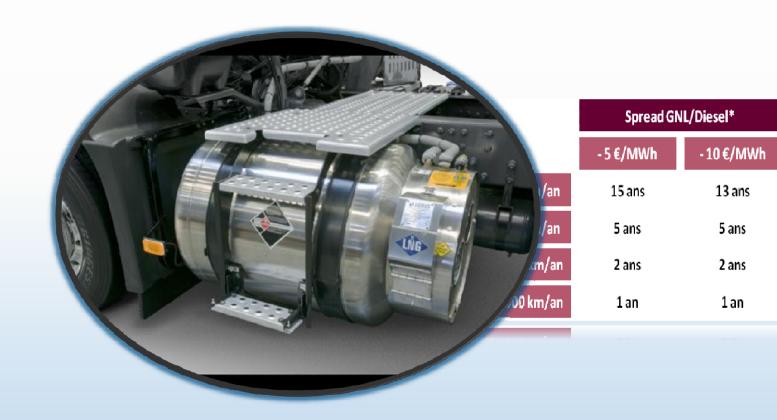
Evolution passée et prévisions de l'évolution du spread* pétrole-gaz naturel (\$/bep)

[Source : Consolidation Sia Partners d'après IEA 2014]





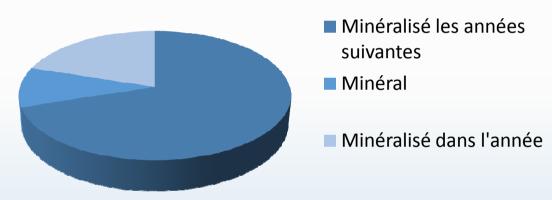
Le GNL: un carburant d'avenir





Epandage du digestat

Azote dans le fumier bovin



L'épandage : un apport de minéraux pour les plantes

Taux en minéraux plus élevé

Avantages économiques :

- Baisse du prix d'épandage
- Réduire le nombre de fumière

Exemple : Ferme d'Arcy
Economies financières
Réduction des engrais chimiques (90%)



Commercialisation du digestat



http://www.conseilsbudget.com/wp/wp-content/themes/MagMan/timthumb.php?src=http://www.conseilsbudget.com/wp/wp-content/uploads/2014/06/compost.jpg&w=720&h=350&zc=1&q=80

Le compostage

Prix : 15 - 25 €/t

Coût : environs 15€/t



http://amisdelavie.org/wp-content/uploads/2014/09/m%c3%a9thanisation_resultat.ipg

Homologation

▶ 12-15 mois de démarche

Coût : 20 000 à 40 000 €

Utilisation du CO₂

Sans transformatic

Alimentaire

Véhicules réfrigérés

Pains de CO2



ansformation Chimique

Synthèse de l'urée

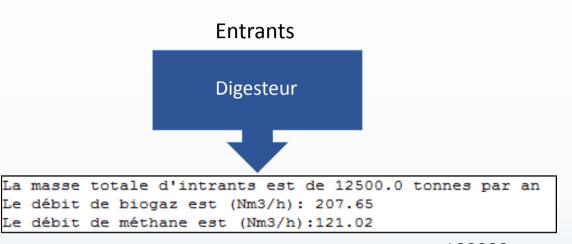
Synthèse de Polycarbonates

Synthèse Acides carboxyliques

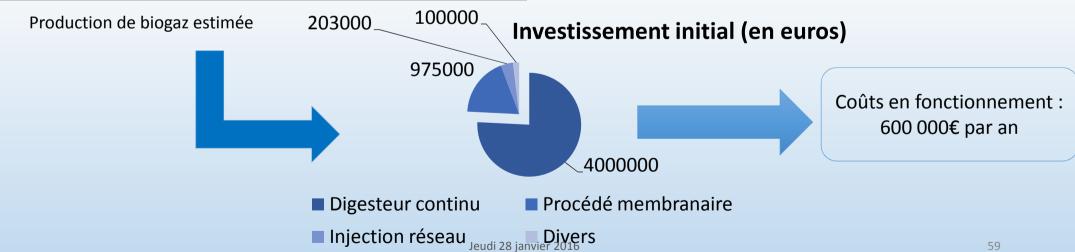
950t de CO₂/j



Application de BioGas Simulator à la ferme d'Arcy









Application de BioGas Simulator à la ferme d'Arcy

Vente de biométhane : Economies d'engrais :

1 355 000€/an

25 000€/an







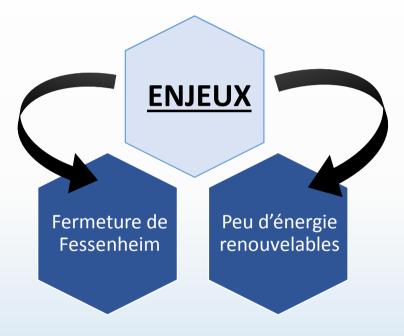
Points positifsPoints négatifsCohérence des méthodes proposéesEconomies d'engraisInvestissement initialAspects non pris en compteRetombées économiquesTemps de retour sur investissement trop faible

Jeudi 28 janvier 2016

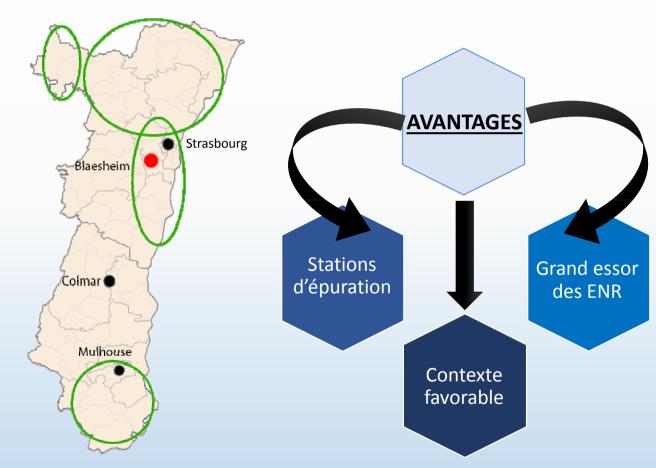
la ferme d'Arcy



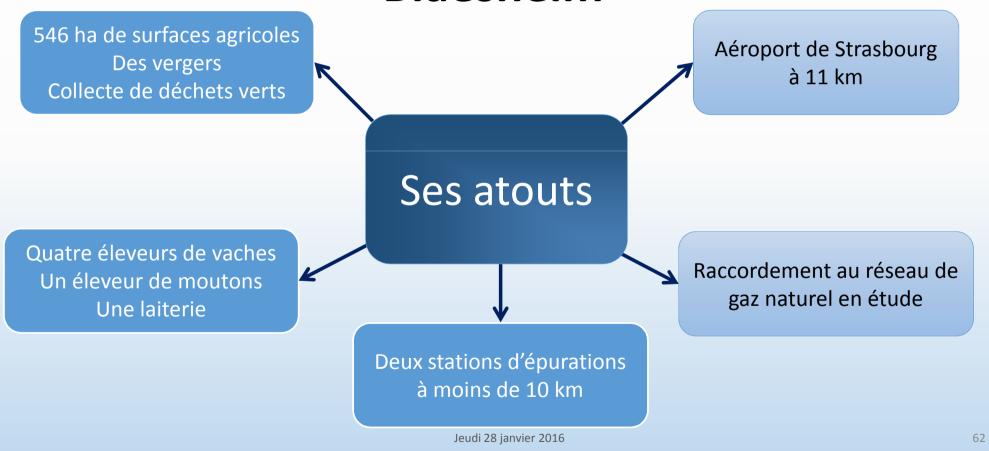
Application : La région Alsace



Consommation: 13,5 GWh (-5%)
Production: 20,2 GWh (+12%)

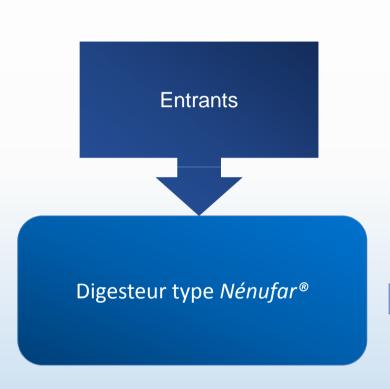


Etude de cas : Blaesheim





Potentiel en biogaz de Blaesheim

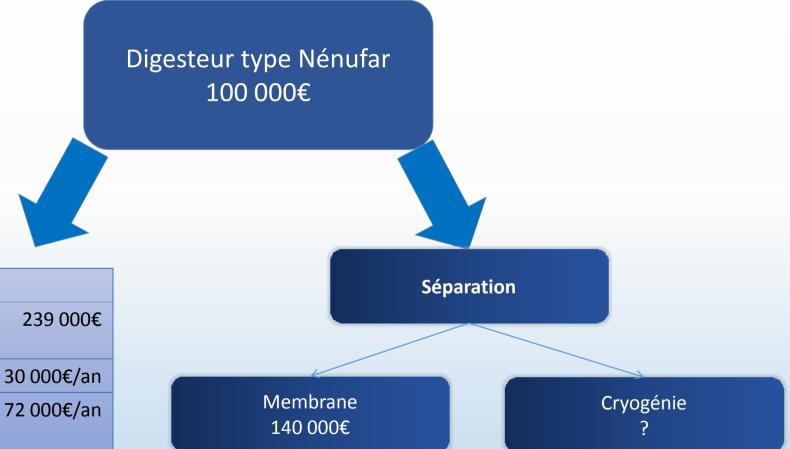




Débit biogaz	18,83Nm³/h		
Débit biométhane	11,87Nm³/h		
Taux H ₂ S	1091ppm		
Masse digestat	4173t/an		



Solutions techniques envisageables



CogénérationInvestissement
initial239 000€Vente électricité30 000€/anÉconomies en
chaleur72 000€/an

Jeudi 28 janvier 2016



R & D

Conclusion



Jeudi 28 janvier 2016

65

Production



Remerciements











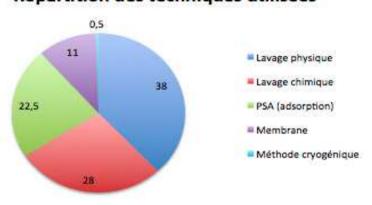


Propositions d'annexes

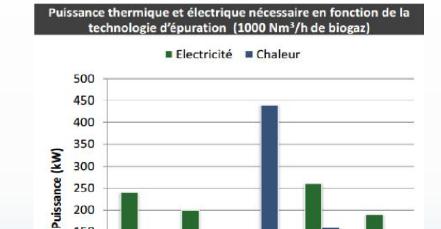


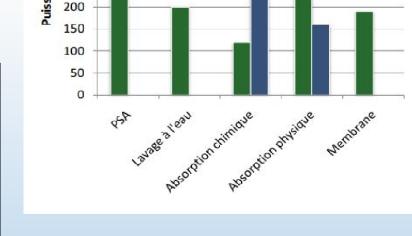
Séparation / Upgrading : Comparatif





Technologie	100 Nm ³ /h		250 Nm ³ /h		500 Nm ³ /h	
	CAPEX (€)	OPEX (€/h)	CAPEX (€)	OPEX (€/h)	CAPEX (€)	OPEX (€/h)
Membrane	745 000	13,8	1 175 000	23,75	1 800 000	40
PSA	1 040 000	12,8	1 350 000	25,25	1 850 000	46
Lavage à l'eau	1 010 000	14	1 375 000	25,75	1 750 000	45,5
Lavage aux amines	950 000	14,4	1 250 000	30	1 750 000	56



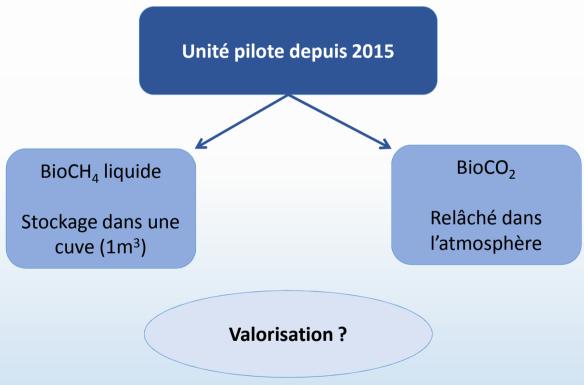




Séparation / Upgrading : Procédé CryoPur ®



Installation CryoPur® à la STEP de Valenton



Jeudi 28 janvier 2016