

**Analyse du Cycle de Vie
des modes de valorisation de biogaz
issu de méthanisation
de Fractions Fermentescibles des OM collectées sélectivement**

Septembre 2007

- 6^{ème} Journée « Bus Propre » à Lille -

Sandrine Wenisch,
ADEME Angers



Michael Ooms,
RDC environnement



Plan de la présentation

- 1. Objectif et champ de l'étude**
- 2. Données et hypothèses clés**
- 3. Résultats**
- 4. Conclusions**

Méthodologie générale

- L'ACV repose sur le recensement des flux de matières et d'énergie prélevés ou émis dans l'environnement à chaque étape du cycle de vie.
- Ces flux sont traduits sous forme d'indicateurs d'impacts potentiels d'environnement
- Méthodologie encadrée par les normes ISO 14040 et ISO 14044


Etude commandée par GdF  et l'ADEME 

Etude réalisée par RDC Environnement 

Revue critique réalisée par Bio Intelligence service 

Objectif de l'étude

Répondre aux questions :

Q. Biogaz : *"Quel est, d'un point de vue environnemental, le meilleur mode de valorisation du biogaz produit à partir de FFOM collectée sélectivement : carburant, chaleur, électricité ou cogénération ?"* 

Q. Compost : *"Quel est, d'un point de vue environnemental, le meilleur mode de traitement de la FFOM collectée sélectivement : méthanisation ou compostage ?"*

Objectif de l'étude

Unités fonctionnelles :

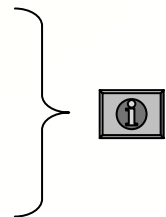
Q. Biogaz : *"valorisation d'1 Nm³ de biogaz brut (PCI 5,7 kWh/Nm³) produit à partir d'une unité de biométhanisation de 8 kg de FFOM collectée sélectivement".*

Q. Compost : *" valorisation de 8 kg de FFOM collectée sélectivement en biogaz à différentes fins énergétiques ou en compost "(correspondant à la production de 1Nm³)*

Données et hypothèses - Biogaz

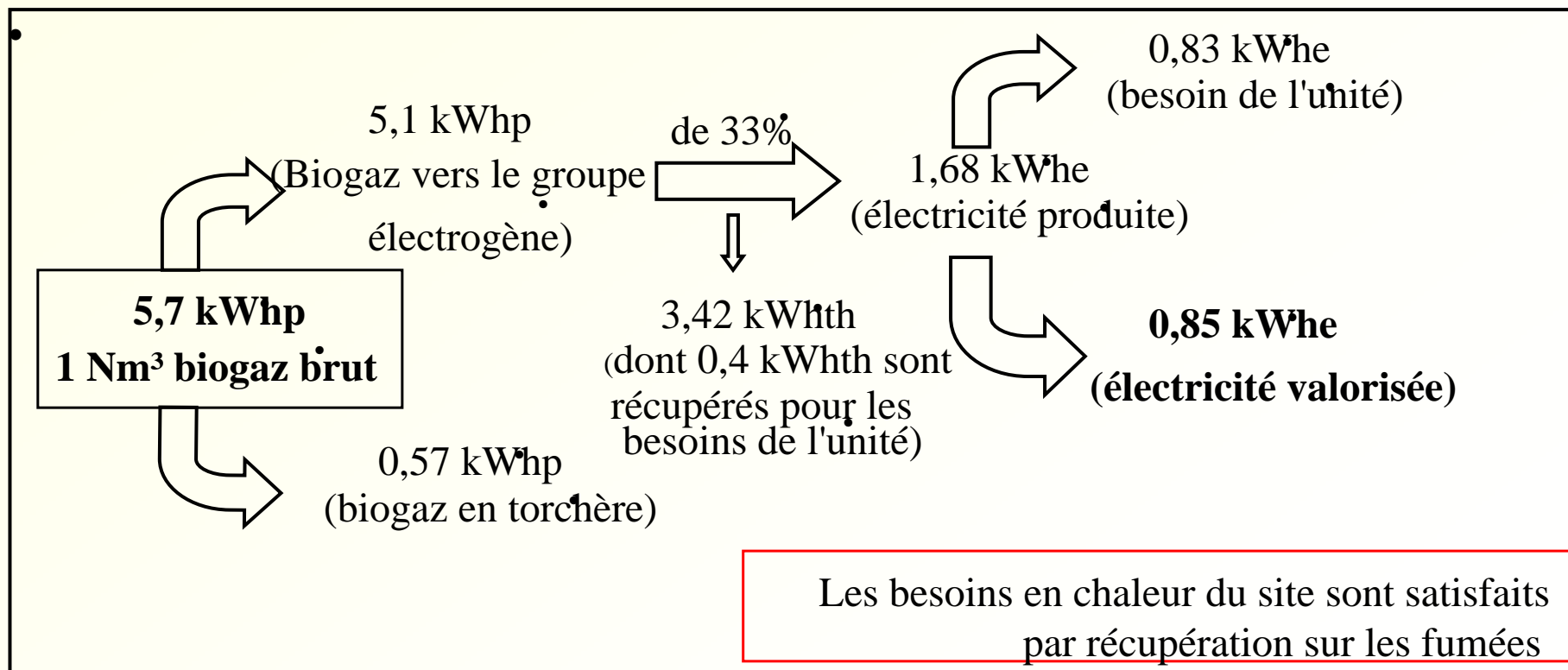
Bio-méthanisation de la FFOM

	Min	Max	Valeur de référence du modèle
Bilan matière			
Rendement en biogaz (Nm ³ /t)	100	140	120
Rendement en compost (kg/t de FFOM)	300	450	375
Rejets d'eaux usées (m ³ /t)	0	0,186	0,093 (traités en STEP)
Bilan énergétique			
Autoconsommation (en % du biogaz sortant) Filière chaleur et carburant	5	9	8
Autoconsommation (en % du biogaz sortant) Filière électricité et cogénération	38	50	44
Perte de biogaz (en % du biogaz sortant)	0	0,05%	0,025%
Biogaz brut brûlé à la torchère (en % du biogaz brut sortant)	2%	30%	10 %



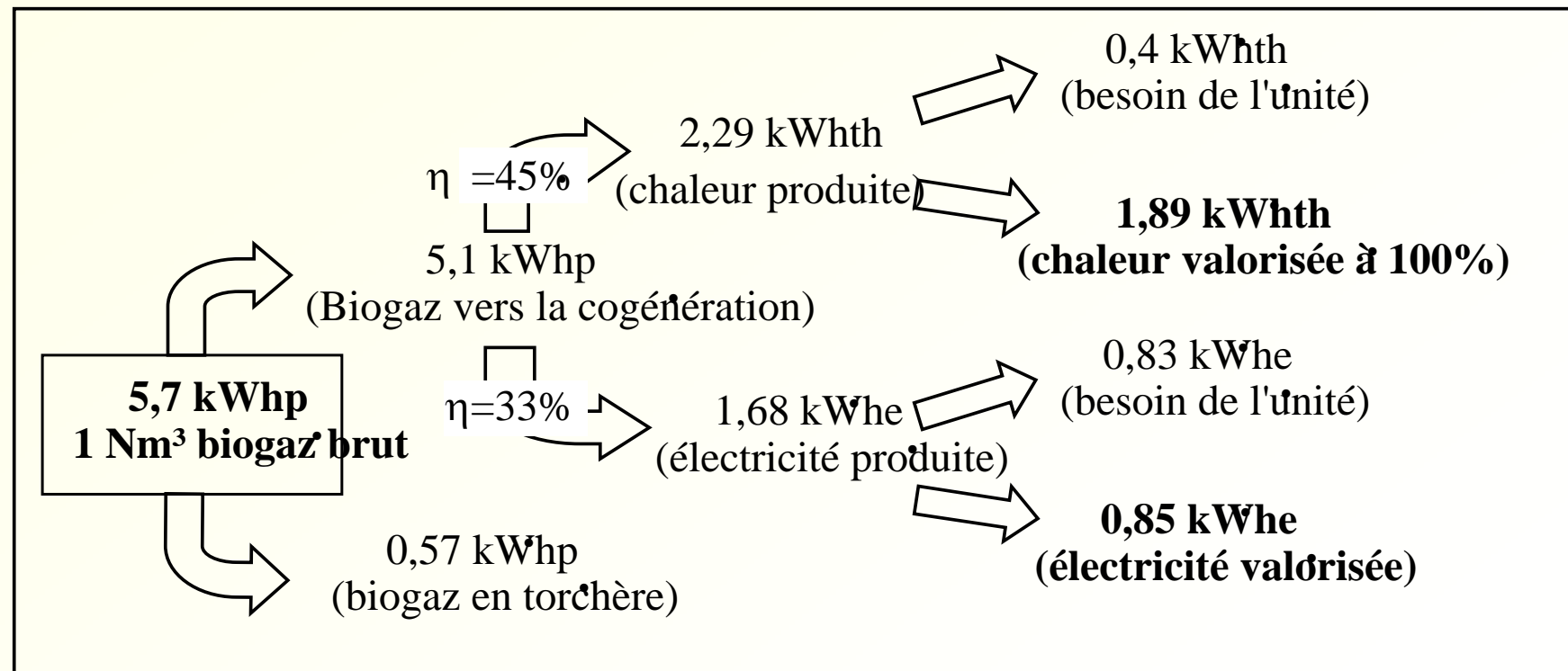
Données et hypothèses - Biogaz

Bilan énergétique – filière électrique



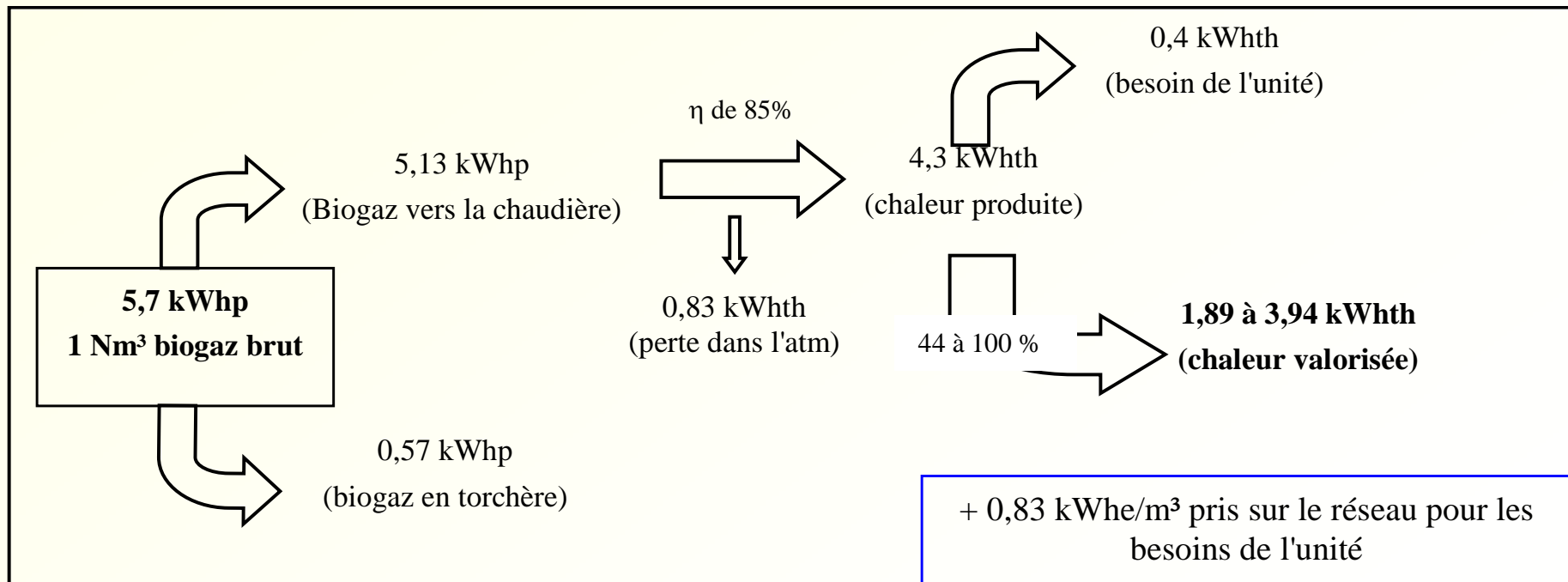
Données et hypothèses - Biogaz

Bilan énergétique – filière cogénération



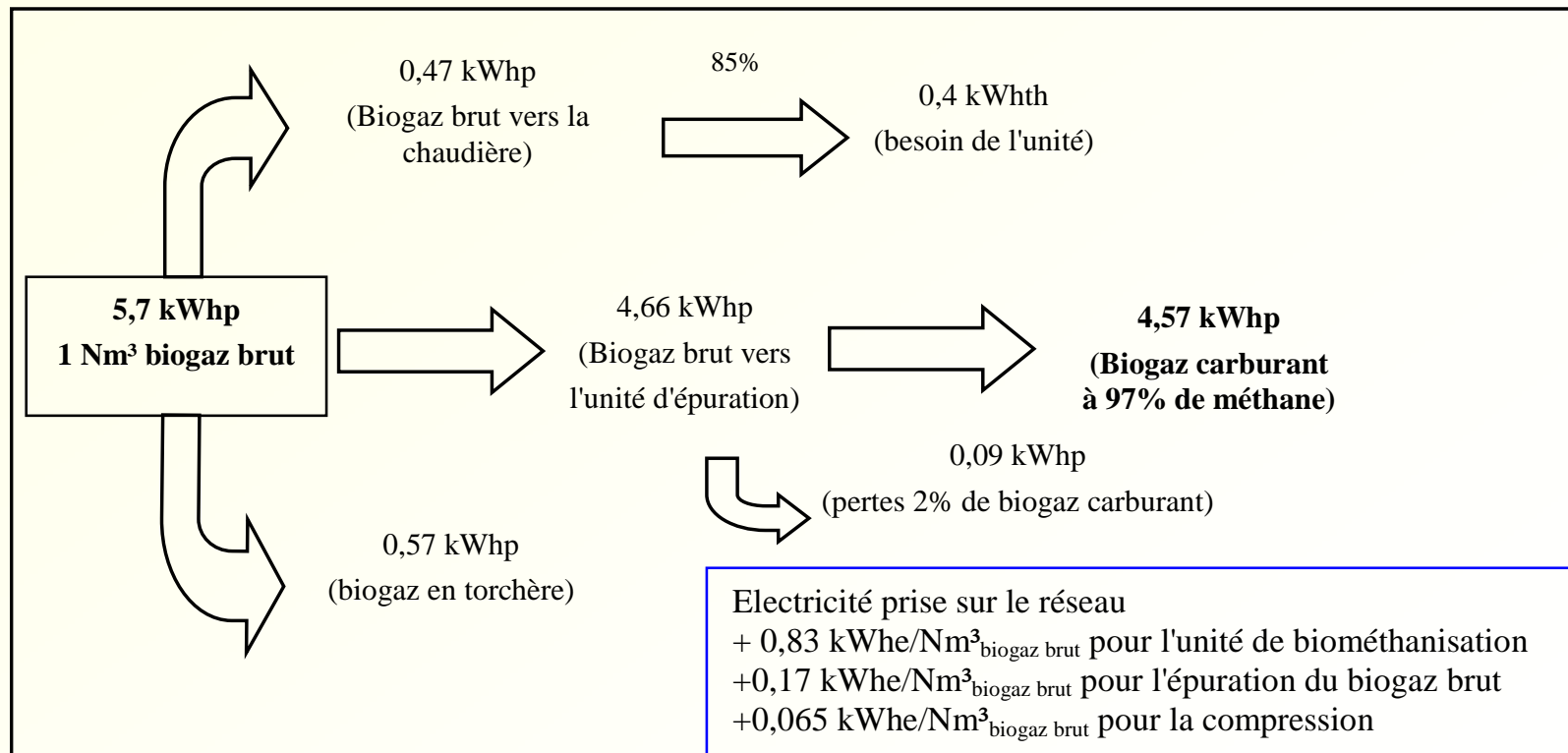
Données et hypothèses - Biogaz

Bilan énergétique – filière chaleur



Données et hypothèses - Biogaz

Bilan énergétique – filière carburant



Données et hypothèses

Emissions des véhicules

Données (g/km)	Bus (1)			BOM (2)			Voitures (3)		
	Diesel	Diesel (FAP)	GNV/Biogaz	Diesel	Diesel (FAP)	GNV/Biogaz	Essence	Diesel (FAP)	GNV/Biogaz
CO2	1530		1529	2193		2479.459459	184	151	148
CO	2,38	0,05	0,03	9,3	7,3	7,2	0,58	0,16	0,39
COVNM	1,04	0,02	-	2,2	1,4	0,05	0,039	0,026	-
CH4	-	-	1,14	-	0	4,9	-	-	0,094
NOx	19,5	18,9	4,5	31,4	32,0	6,2	0,02	0,2	0,056
SOx	0,05	0,05	-	0,07	0,07	-	0,004	0,003	-
Particules	0,18	0,004	0,01	1,3	0,2	0,03	-	0,011	-
Consommation (l ou Nm ³ /100 km)	60		74	86		120	7,8	5,7	6,9

Source : (1) : [ADEME, 2005]

(2) : [ADEME, 2003]

(3) : Les données ont été fournies par Gaz de France et sont issues de bases de données de l'ADEME et de l'institut d'homologation anglais (Vehicle Certification Agency).

Données et hypothèses - Biogaz

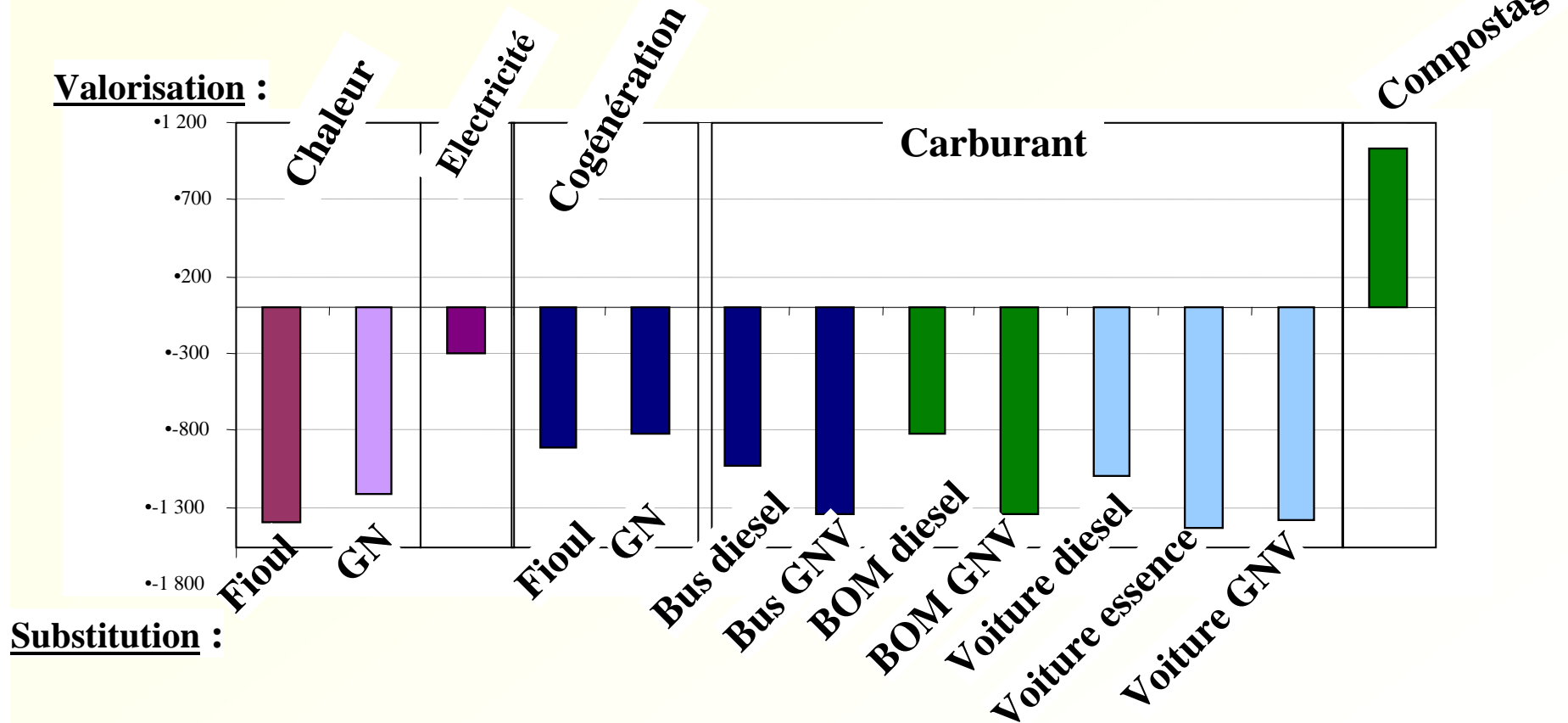
Traitement alternatifs de la FFOM

				Valeur de référence du modèle	
Bilan matière				Compostage de FFOM	Compostage du digestat
Rendement en compost (kg/t de FFOM)	Les taux de décomposition lors de la phase de méthanisation et de la phase thermophile du compostage sont considérés comme similaires [1].			375	
	Bilan des connaissances ACV	Etude EPER	AOO		
Bilan énergétique					
Diesel (litres/t de FFOM)	2 à 4	-	-	3	
Électrique (kWhe/t de FFOM)	30 à 100	-	32	60	inclus dans les besoins totaux de l'unité de biométhanisation (99,9kWhe/t _{de FFOM})
Émissions dans l'air (après biofiltre)					
NH ₃ (g/t de FFOM)	159	777	200	159	
CH ₄ (g/t de FFOM)	Entre 200 et 5300	3160	2400	2400	0
N ₂ O (g/t de FFOM)	13,6 ¹	négligeable	96	13,6	

Résultats

- ✓ Emissions de gaz à effet de serre
- ✓ Eutrophisation
- ✓ Consommation d'énergie
- ✓ Augmentation de l'acidification

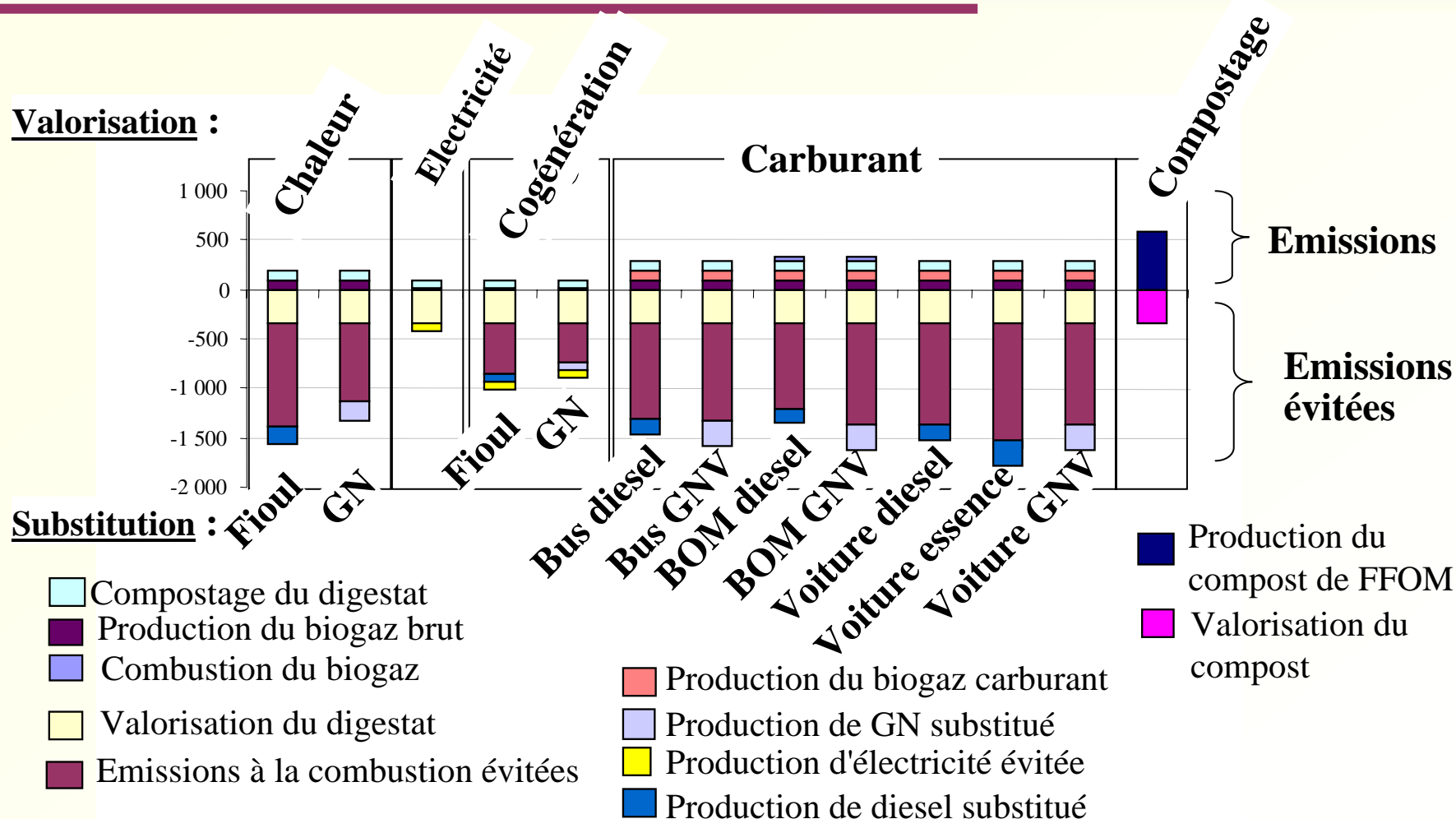
Résultats : Emissions de GES (g. éq.CO₂/Nm³)



La valorisation du biogaz **sous forme de chaleur** et de **biogaz carburant dans des voitures en substitution à l'essence** est la meilleure solution.

La biométhanisation est préférable au compostage en hall fermé pour tous les modes de valorisation¹⁴

Résultats : Emissions de GES (g. éq.CO₂/Nm³)



Importance des émissions de GES évitées grâce à la **valorisation agronomique du compost** et à la **non combustion d'énergies fossiles**

Résultats : Emissions de GES

Principales émissions (communes à toutes les filières) :

- Fuites CH₄ au niveau de la torchère-> négligeables
- N₂O lors de la biométhanisation
- Emissions de CO₂ et N₂O évitées lors de la valorisation du compost

Principales émissions (variable selon les filières) :

- CH₄ lors des pertes de biogaz carburant
- Emissions de GES selon le type et les quantités de combustibles fossiles substitués

Conclusions

- ✓ Comparaison des modes de valorisation
- ✓ Comparaison des modes de traitement de la FFOM
- ✓ Éléments de décision à prendre en compte

Résultats et Conclusions

Question Biogaz :

- **Augmentation de l'effet de serre**
 - **Tous les modes de valorisation entraînent une diminution des GES**
 - **Meilleures solutions :**
 - valorisation **chaleur en substitution au fioul**
 - valorisation **carburant en substitution au GNV**
 - **Solution la moins avantageuse : filière électrique**
 - Ces conclusions sont influencées par :
 - le **mix-électrique pris en compte**
 - le **taux d'utilisation du biogaz**

Résultats et Conclusions

Question Biogaz :

□ **Acidification de l'atmosphère**

➤ **Meilleures solutions** : modes de valorisation sous forme **carburant dans des bus et des BOM en substitution au diesel**

➤ **Emissions acides**

- ✓ NO_x et SO_x lors de la combustion du biogaz brut
- ✓ Auto-consommation ≠ selon les filières
- ✓ Qualité de combustion ≠ selon les unités de production
- ✓ Emissions de NO_x et SO_x ≠ selon le type et les quantités de combustibles fossiles substitués

Résultats et Conclusions

Question Biogaz :

- ❑ **Eutrophisation de l'eau**
 - Aucun mode de valorisation du biogaz n'entraîne de diminution nette des émissions dans l'eau
 - Les filières les moins impactantes sont les filières de valorisation du biogaz carburant dans des bus et des BOM en substitution au diesel
 - Ces conclusions sont influencées par :
 - **la quantité de rejet d'eaux usées de la méthanisation**

Résultats et Conclusions

Question Biogaz :

- **Consommation d'énergie non renouvelable**
 - Meilleure solution :
valorisation biogaz par **cogénération**
 - Consommation énergétique au cours d'épuration du biogaz moindre par rapport à la production et à la consommation évitée
 - Cette conclusion est influencée par :
 - **les rendements énergétiques entre les filières**
 - **le taux d'utilisation du biogaz**

Résultats et Conclusions

Question Biogaz :

- **Entre les filières « combustibles » et « carburant » :**
 - ✓ **pour les impacts effet de serre**
Valorisations **carburant véhicule plus favorables** que les valorisations par **cogénération et électrique.**
 - ✓ **pour l'acidification, eutrophisation,**
Valorisations **carburant véhicule plus favorables** que les valorisations par **cogénération et électrique**
La tendance est **moins bien marquée, si on se substitue à du carburant au gaz naturel**

Résultats et Conclusions

Question « Compost » :

	Biométhanisation	Compostage
Effet de serre	Tjrs préférable	-
Energie	Tjrs préférable	-
Eutrophisation	Préférable pour valorisations carburant Bus & BOM en substitution au diesel	préférable à une méthanisation avec valorisations : électricité, cogénération, Carburant BOM / Bus / Voiture substitution GNV ou essence, Voiture diesel
Acidification	Préférable pour valorisations carburant en substitution à du diesel ou de l'essence & valorisation chaleur substitution fioul	Préférable à une méthanisation avec valorisation du biogaz en substitution à du GN ²³

Conclusions

Éléments de décision à prendre en compte

- ❑ Favoriser le mode de valorisation offrant le meilleur taux d'utilisation du biogaz
- ❑ Limiter les rejets d'eaux usées du processus de biométhanisation
- ❑ Assurer de la valorisation effective du (métha)compost

Conclusions

Points clés à approfondir

- ❑ **Etude des émissions de CH₄, N₂O et NH₃**
- ❑ **Réflexion sur les hypothèses de mix électrique**
- ❑ **Moyens pour réduire les pertes de CH₄ à l'unité d'épuration**
- ❑ **Mesures des émissions lors de la combustion du biogaz**

Conclusions :

- ❑ **ACV des modes de valorisation de biogaz issu de méthanisation de FFOM collectée sélectivement**
- ❑ **Autres biogaz possibles : centre de stockage, digesteurs de boues urbaines ...**



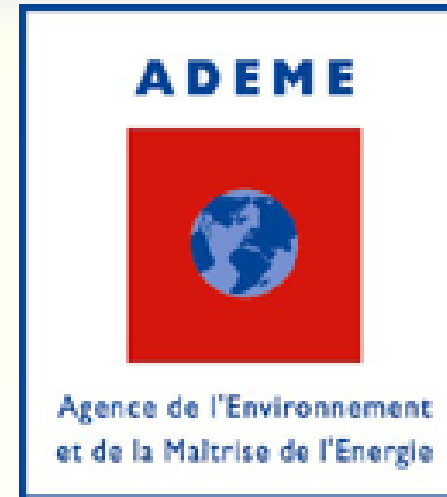
Avenue Eugène Plasky, 157
B - 1030 Bruxelles, BELGIQUE

Tél. +32 2 420 28 23

Fax + 32 2 428 78 78

Email : rdc@rdcenvironment.be

Website : www.rdcenvironment.be



20,avenue du Grésillé
F – 49100 ANGERS, FRANCE

Tél. +02 41 20 41 20

Fax + 00 41 20 42 00

Email : sandrine.wenisch@ademe.fr

Website : www.ademe.fr

Objectif de l'étude

Q. Biogaz : Calcul du delta entre les filières

Filière :

Biogaz

Diesel, essence, GNV

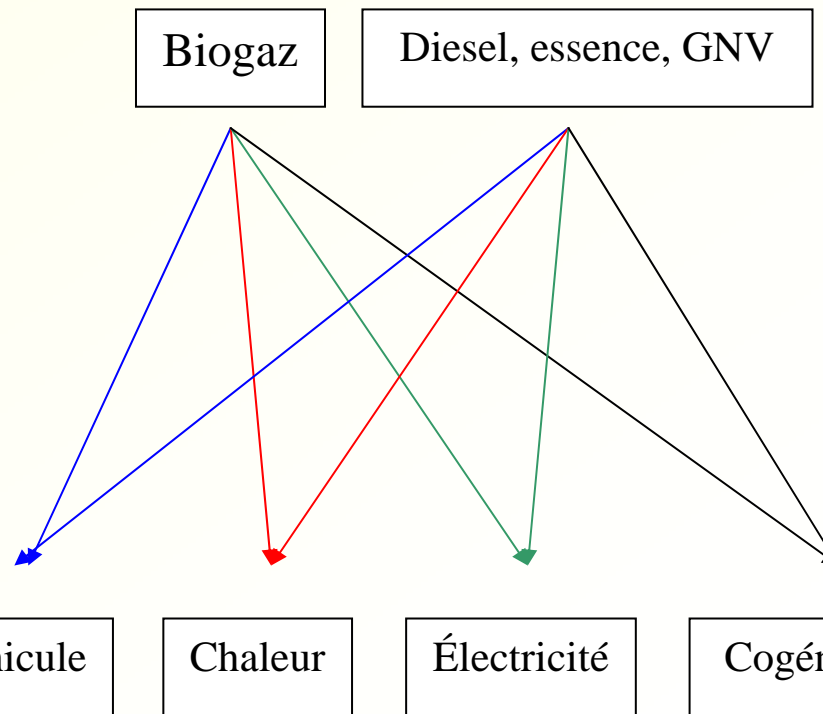
Mode de valorisation :

Véhicule

Chaleur

Électricité

Cogénération



Données et hypothèses - Biogaz

Traitements alternatifs de la FFOM

- Valorisation du compost : Etude RDC, 2005
 - ✓ Impact environnementaux (épandage)
 - N₂O : 42 g/t
 - CO₂ : 161 g/t
 - NH₃ : 227 g/t
 - Diesel : 0,65 kg/t
 - ✓ Bénéfices environnementaux
 - Stockage du C : 22 kg de CO₂/t
 - Production évitée de fertilisant (≠ selon les procédés)

Données et hypothèses - Biogaz

Couverture des besoins énergétiques

	Besoin d'énergie thermique	Besoin d'énergie électrique
Filière chaleur	Auto-consommation via une chaudière (η 85%)	Achat sur le réseau EDF
Filière électrique	Auto-consommation via un groupe électrogène ($\eta_{\text{élec.}}$: 33%)	
Filière cogénération	Auto-consommation via une unité de cogénération (η_{therm} : 45 % ; $\eta_{\text{élec.}}$: 33%)	
Filière carburant	Auto-consommation via une chaudière (η 85%)	Achat sur le réseau EDF

Données et hypothèses - Biogaz

Épuration du biogaz

	Min	Max	Valeur du cas de référence dans notre modèle
Bilan matière			
Consommation d'eau (m ³ /Nm ³ de biogaz sortant)	0,001	0,17	0,001
Bilan énergétique			
Autoconsommation (en % du biogaz sortant)	0	0	0
Perte de biogaz (en % du biogaz sortant)	0,04	4	2
Consommation électrique (kWh/Nm ³ de biogaz sortant)	0,14	0,69	0,42

NB : Pour les pertes de biogaz, 40 à 50 % du CH₄ est dégradé en CO₂ dans le biofiltre.