

# Biogaz et énergie : enjeux globaux et réalités locales

Jérôme Faessler

Séminaire énergie-environnement du 7 mars 2013

Université de Genève

[Jerome.faessler@unige.ch](mailto:Jerome.faessler@unige.ch)

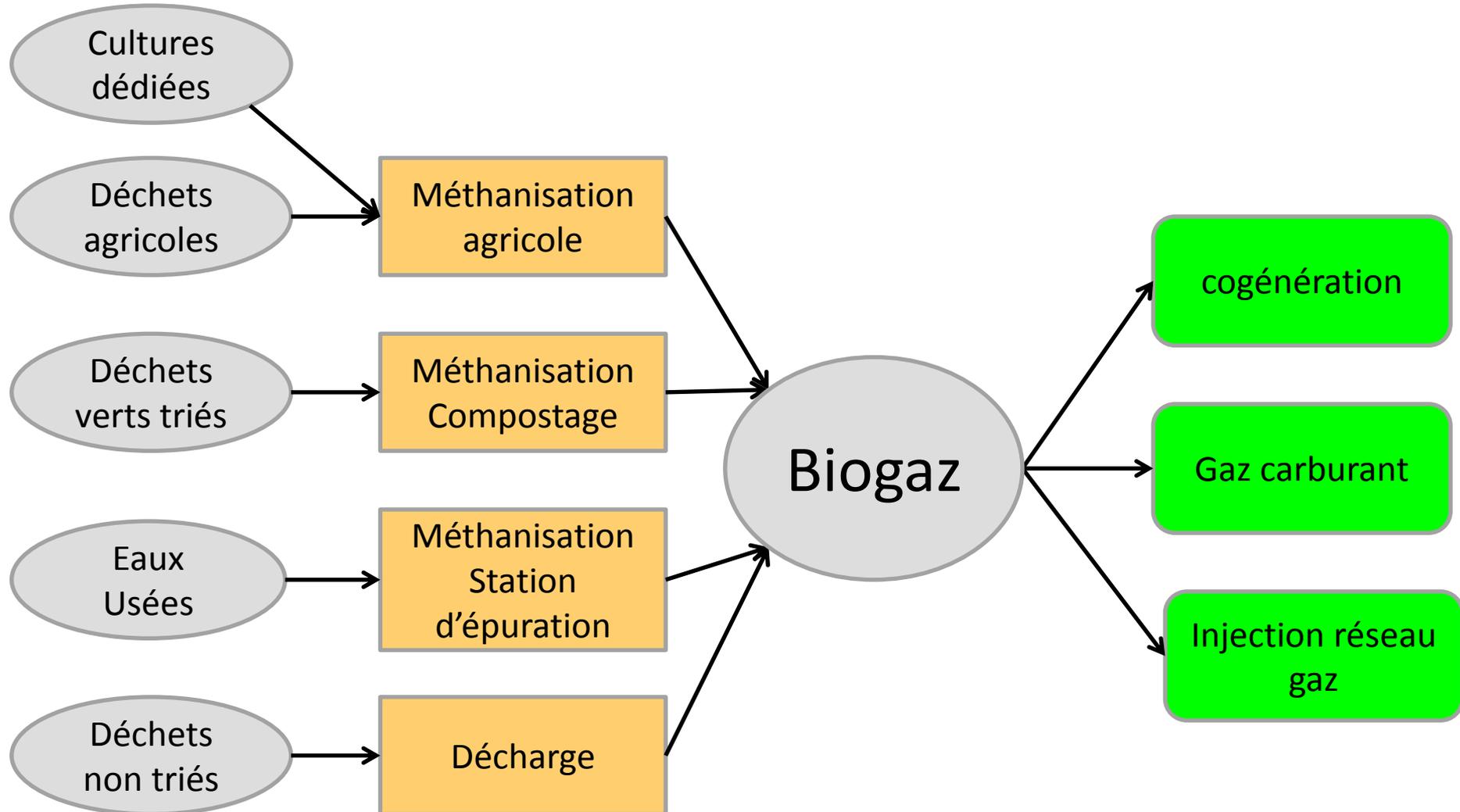
022 379 06 48

# Biogaz: un vecteur énergétique

## RESSOURCES

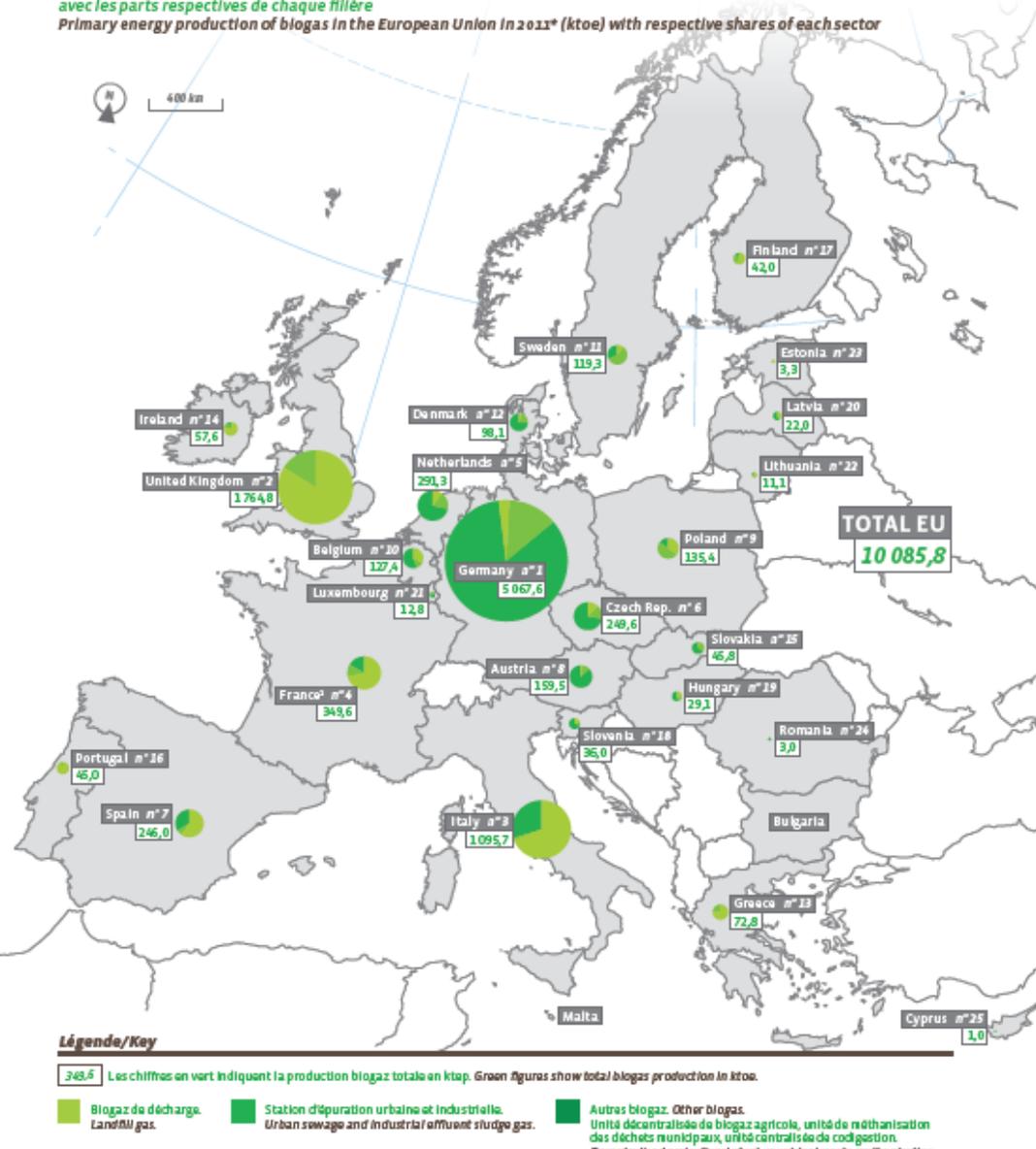
## TRANSFORMATEURS

## VALORISATION



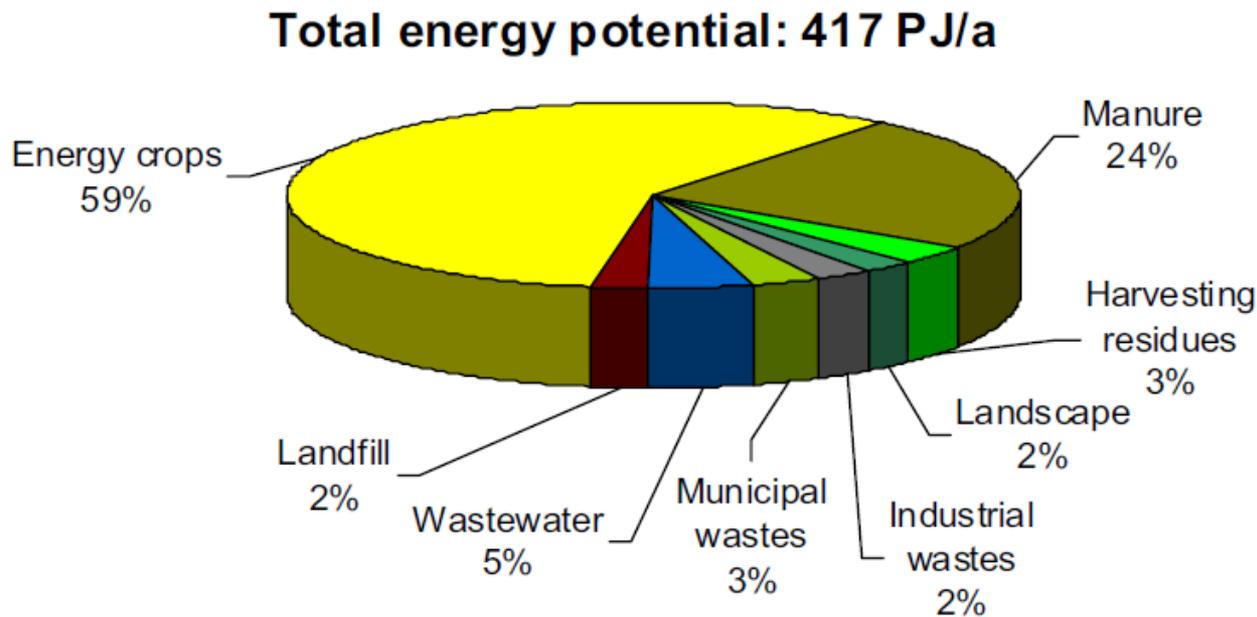
# Production Primaire de Biogaz en Europe

Production d'énergie primaire de biogaz dans les pays de l'Union européenne à la fin 2011\* (en ktep)  
avec les parts respectives de chaque filière  
Primary energy production of biogas in the European Union in 2011\* (ktep) with respective shares of each sector



- Données 2011
- 10'086 ktep
  - 50% Allemagne
  - 17% Grande-Bretagne
  - 31% décharge
  - 12% station d'épuration (STEP)
  - 57% autres (agricoles, codigestion, déchets ménagers)

# Potentiel énergétique du biogaz allemand



- Potentiel :  
  - > 80% en agriculture
  - 3% de l'énergie primaire
- 50% du potentiel **déjà réalisé** en 2011

Fig. 3 Usable biogas potential in Germany

# Valorisation réelle de Biogaz en Europe

- Données 2011
    - Électricité:
      - 36 TWh électrique (ou 3'100 ktep)
    - Chaleur:
      - 200 ktep chaleur vendue (ou 2.3 TWh)
    - Carburant/injection réseau
      - 5.5 TWh (ou 470 ktep)
- Soit un rendement global de l'ordre de 40%

# Biogaz valorisé : statistiques suisses

	Nb Instal	ELECTRICITE VENDUE	CHALEUR VENDUE
		GWh	GWh
66% → Biogaz STEP	~ 460	121	250
Biogaz eaux usées industrielles	22	6	50
25% {	Biogaz industrie (déchets verts)	28	48
	Biogaz agricole	80	51
	Biogaz décharge	6	4
<b>SOMME</b>		<b>230</b>	<b>324</b>
% consommation finale CH		~ 0.3%	~ 0.3%

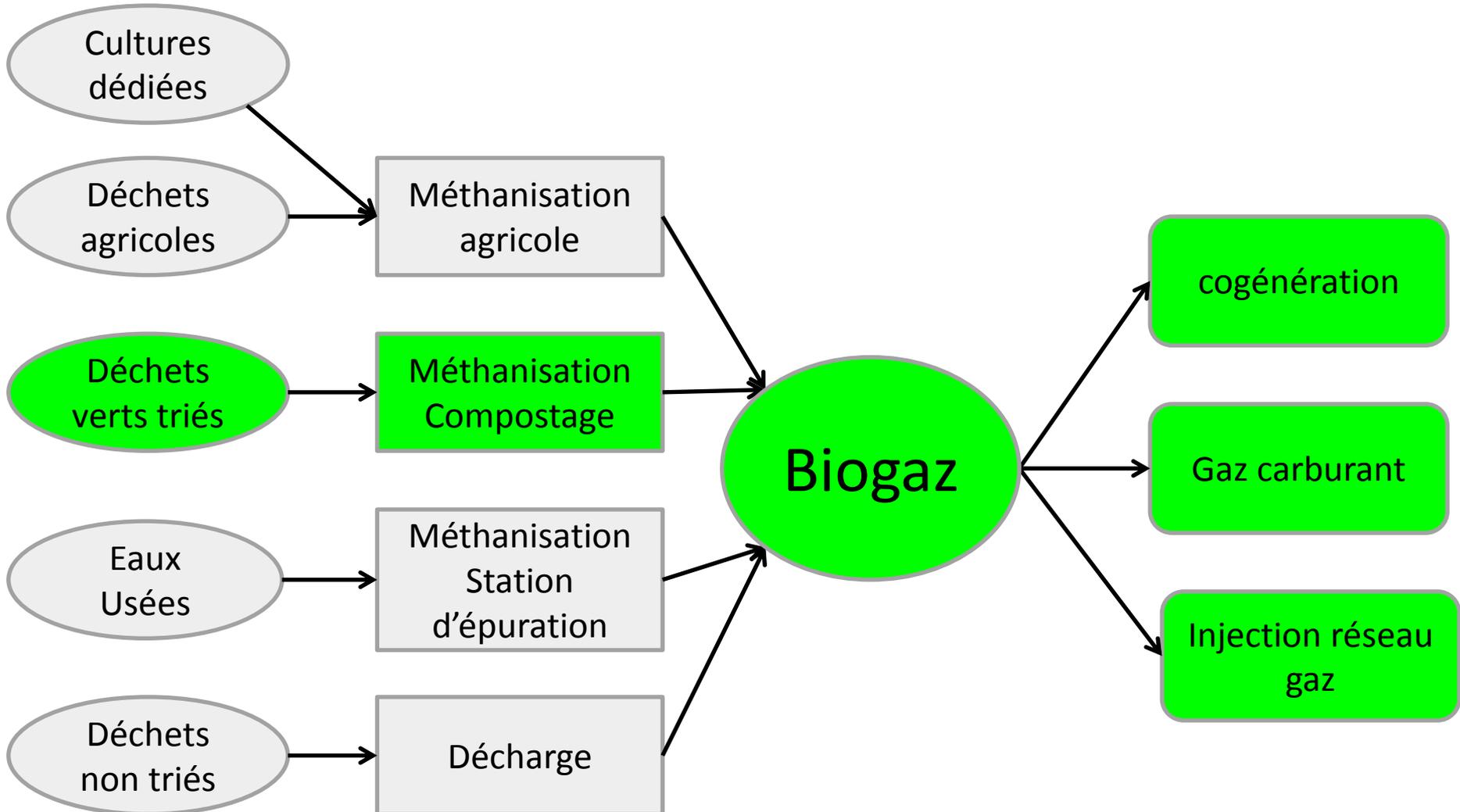
Source : OFEN, Eicher + Pauli, *Schweizerische Statistik der erneuerbaren Energien* 2011

# Biogaz: l'exemple des déchets verts

## RESSOURCES

## TRANSFORMATEURS

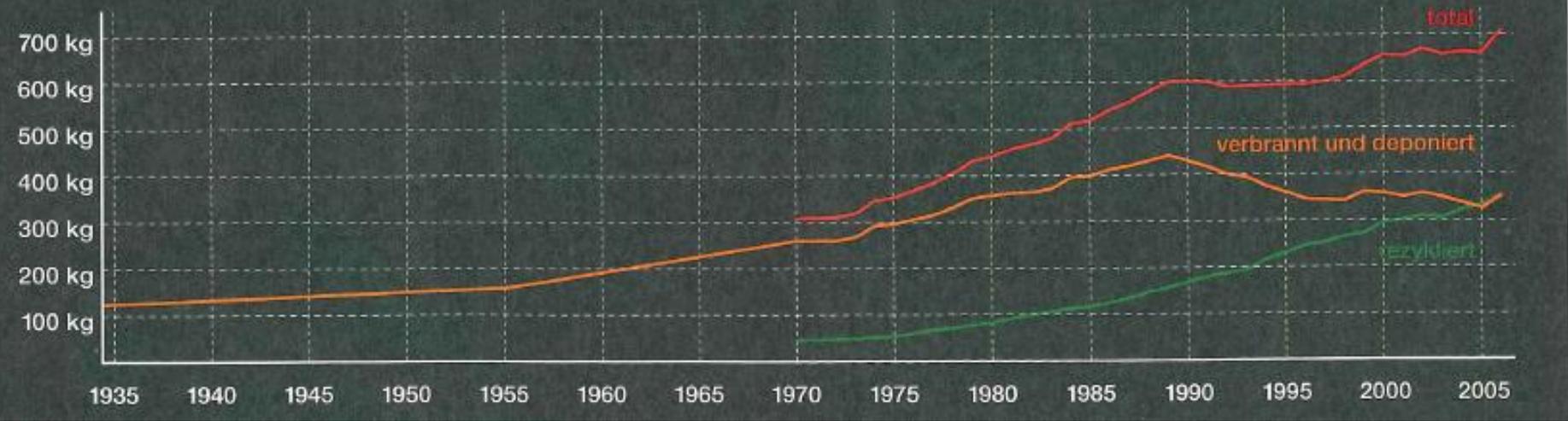
## VALORISATION





# Contexte déchets en Suisse

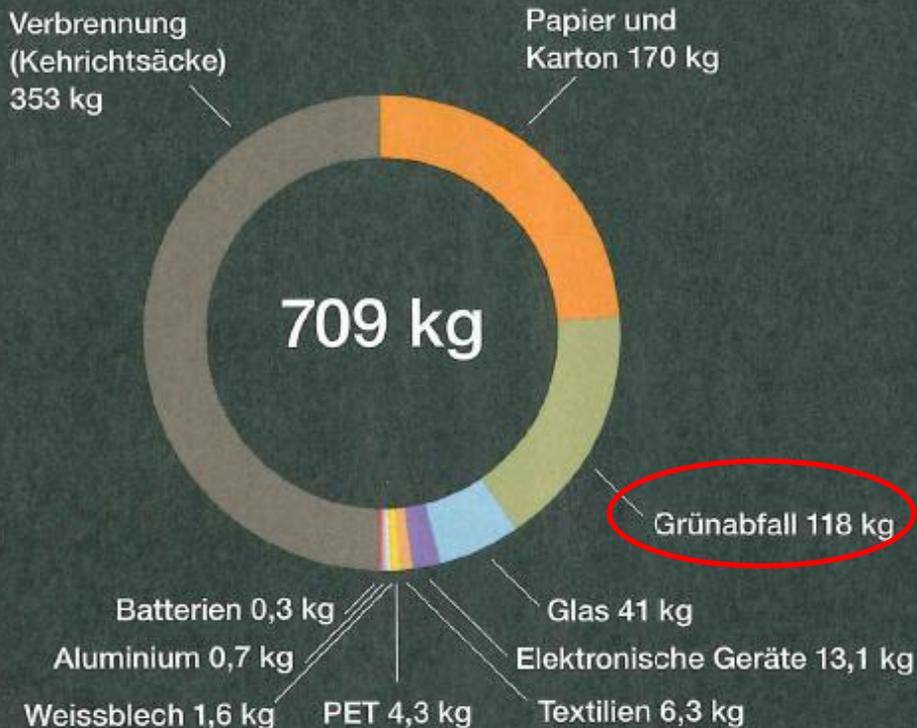
Entwicklung der Haushaltabfälle seit 1930



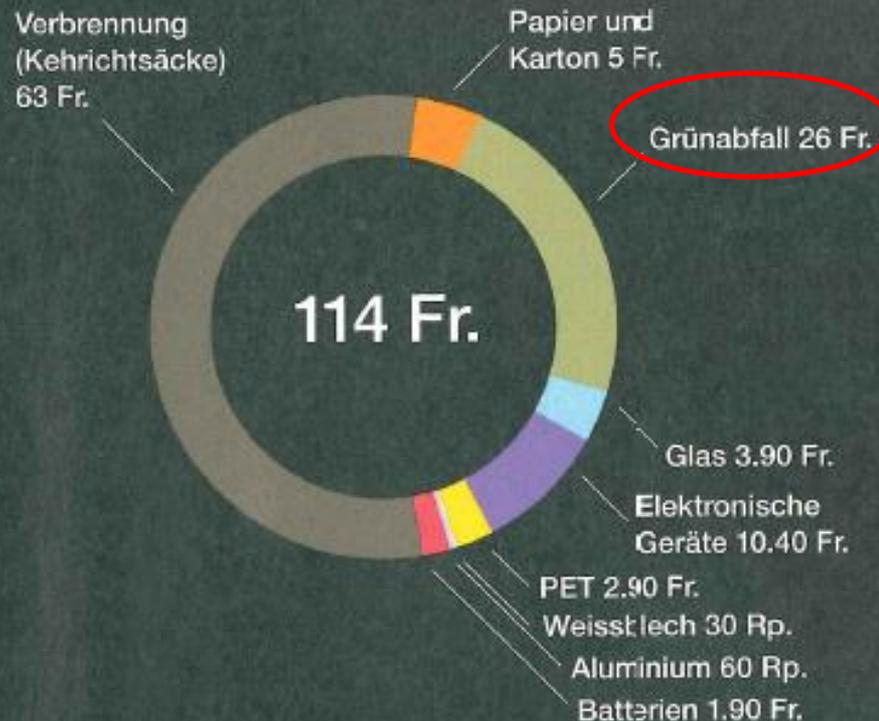
Source . NZZ Folio, 07/2009



### Gewicht pro Person und Jahr

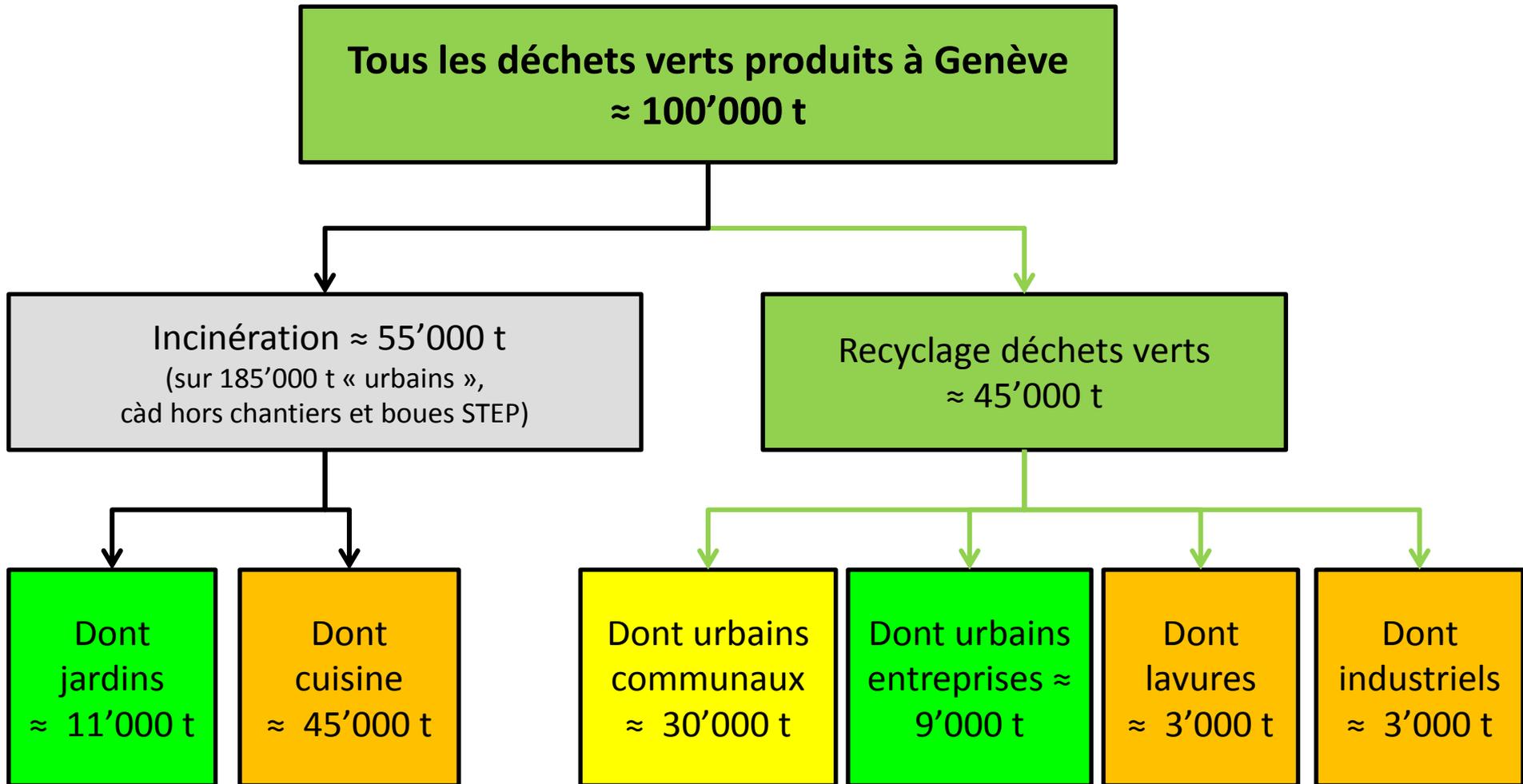


### Entsorgungskosten pro Person und Jahr



Source . NZZ Folio, 07/2009

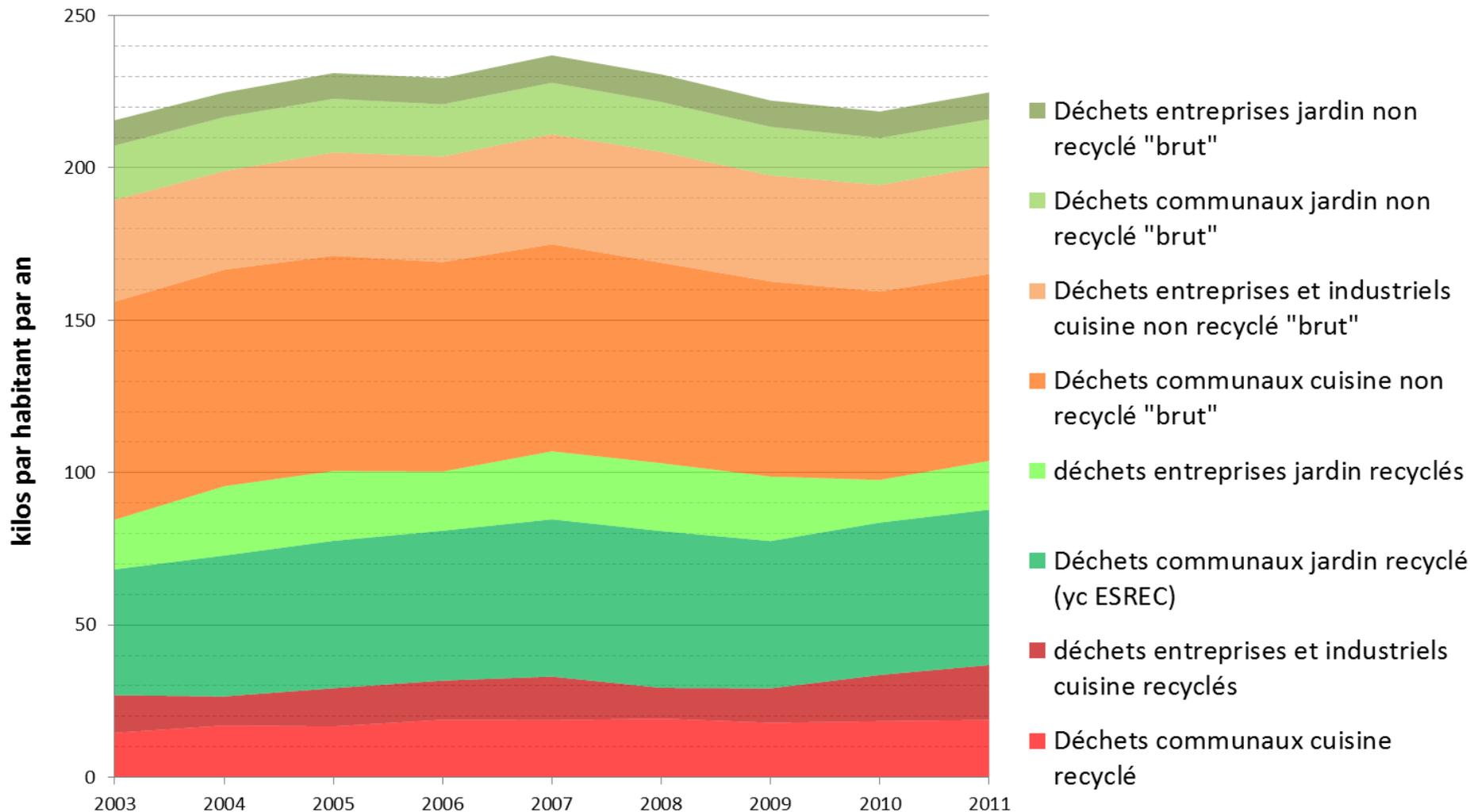
# Flux ressource déchets verts genevois



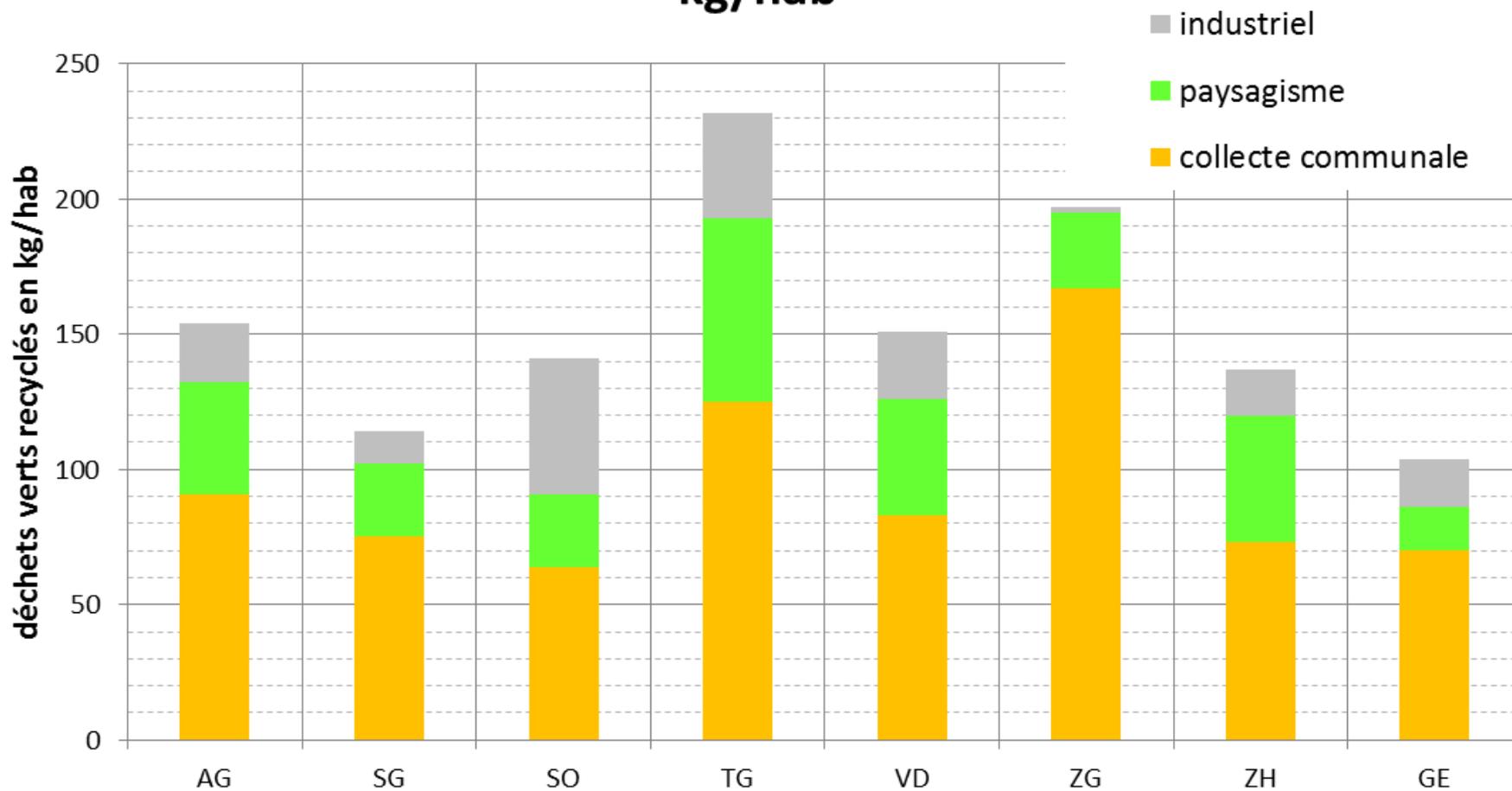
% selon « composition des déchets ménagers du  
canton de Genève », GESDEC 2002

Note: toutes les données sont en tonnes de matières fraîches / analyse sur statistiques GESDEC 2003 à 2010

## Evolution globale des gisements bruts de déchets organiques sur le canton de Genève de 2003 à 2011 (en kg/hab)



## Déchets verts recyclés dans quelques canton Suisse - en kg/hab



Source de données : K. Schleiss, UMWEKO (inspecteur ASIC) et GESDEC pour GE

# Constats «statistiques»

- Stagnation depuis 2005 (en kg/hab)
- En 2010:
  - Σméthanisables = 14'000 t
  - Σcompostables = 31'000 t
  - Env. 100 kg/hab déchets verts recyclés
- Gisement mobilisable de 30 kg/hab:
  - Près de la moitié dans les entreprises et industries
  - 9'000 t méthanisables et 4'500 t compostables
  - Sous-réserve de politiques pro-actives (potentiel « max »)

# Analyse dynamique de la ressource arrivant au Site de Châtillon

- 25 ans d'expérience de réception et de traitement de déchets verts
- Enregistrement systématique par codes déchets entrants
- Analyse rétrospective hebdomadaire en 2006, 2009 et 2010
- Analyse rétrospective mensuelle de 2002 à 2010

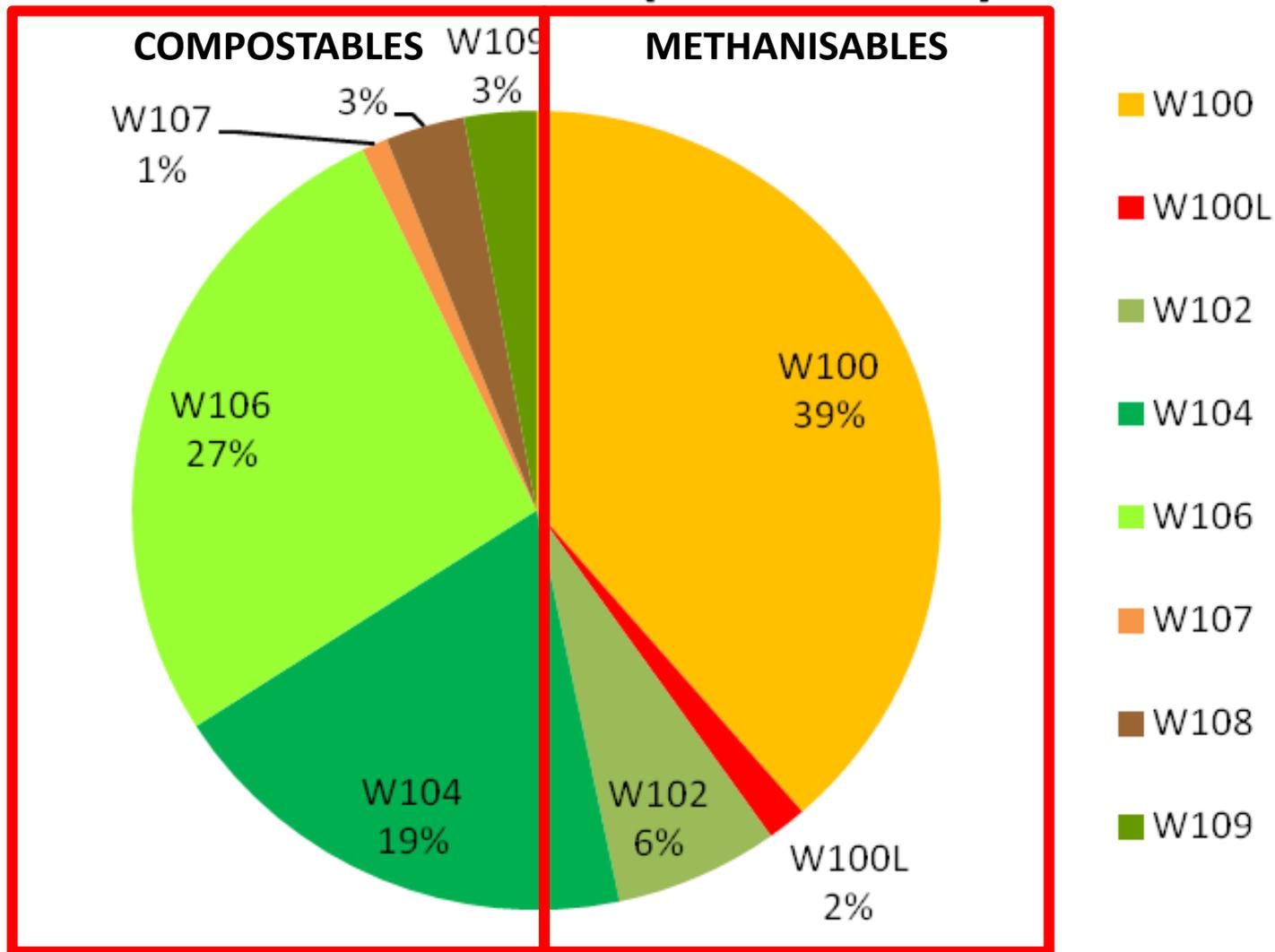
# Codification du site de Châtillon

	<b>METHANISABLES</b>	<b>COMPOSTABLES</b>
Code 100 : Ordures ménagères	XXX	X
Code 100L : Lavures de restaurant	XXX	X
Code 102 : Herbes compostables	XX	X
Code 104 : Branchages compostables		XXX
Code 106 : Divers compostables	X	XXX
Code 107 : Fauchardages	XX	X
Code 108 : Troncs et souches		XXX
Code 109 : Feuilles mortes		XXX

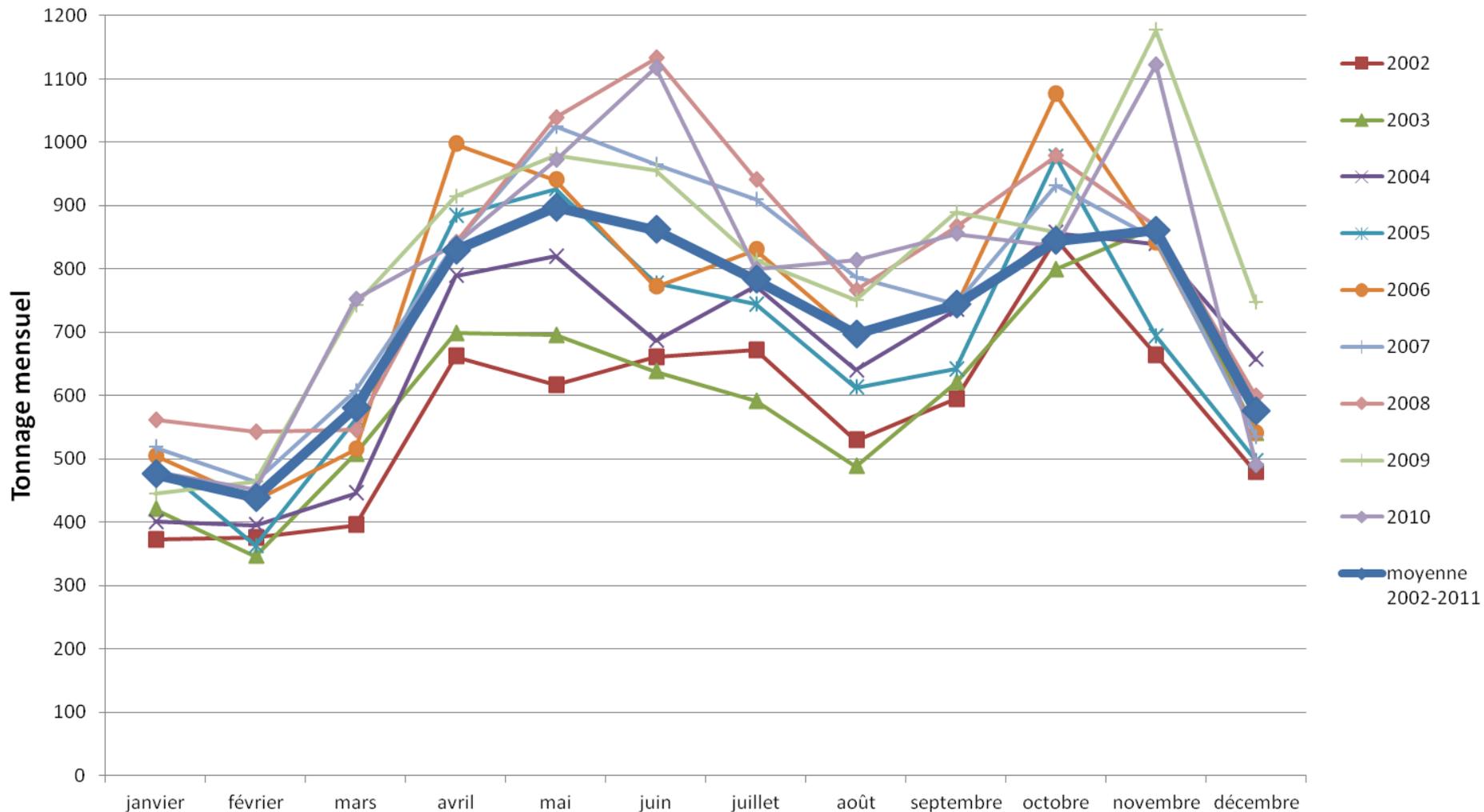
**Mélange de déchets (100 ≈ 70% méthanisable / 106 ≈ 40% méthanisable)**

**Tout est compostable, tandis que ligno-cellulose n'est pas méthanisable !**

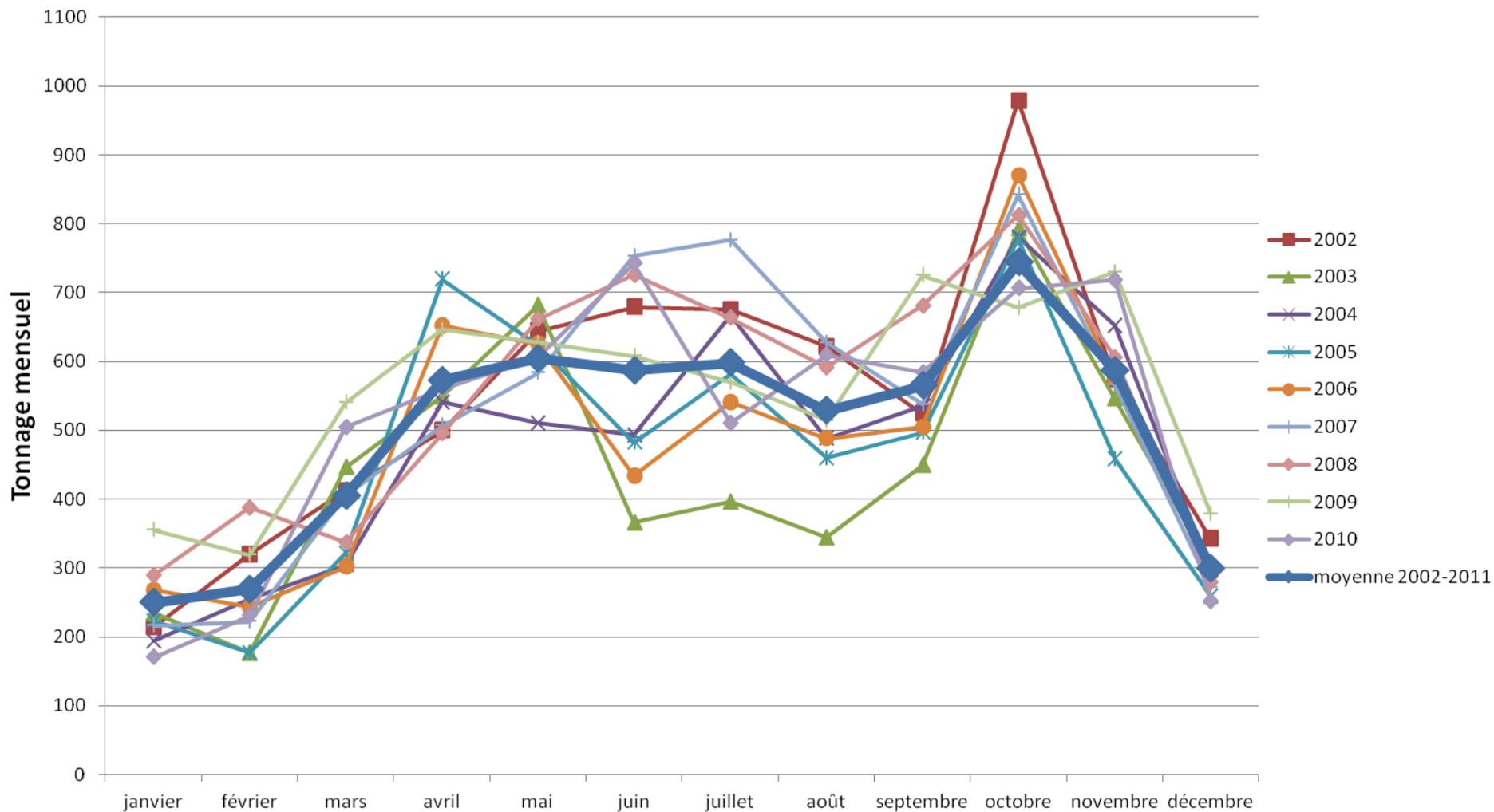
# Répartition des tonnages annuels des codes de Châtillon ( $\Sigma=22'000$ t)



## Apports mensuels pôle vert Châtillon - code 100 organiques ménagers méthanisables

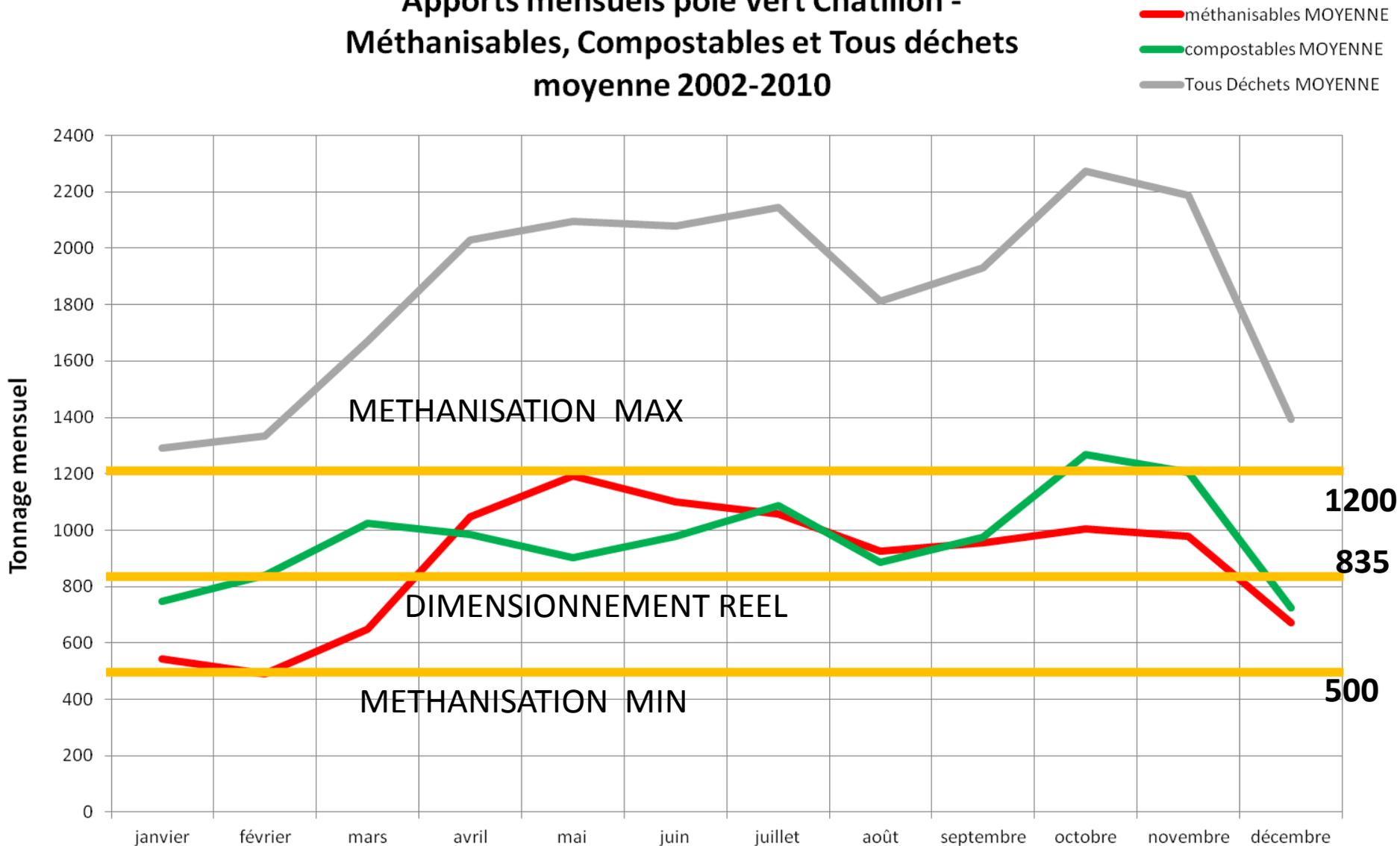


## Apports mensuels pôle vert Châtillon - code 106 résidus compostables



# Problématique du dimensionnement

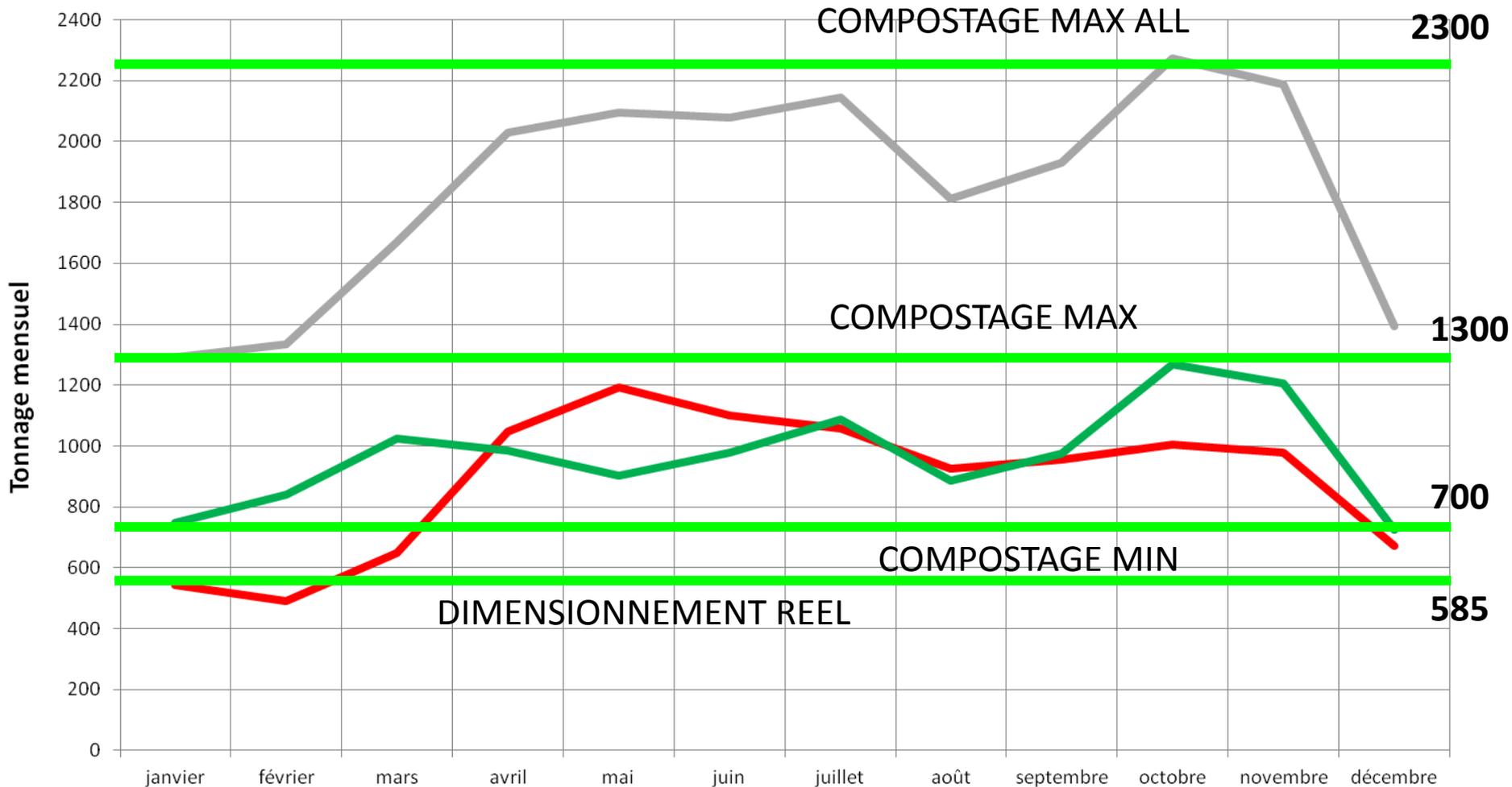
Apports mensuels pôle vert Châtillon -  
Méthanisables, Compostables et Tous déchets  
moyenne 2002-2010



# Problématique du dimensionnement

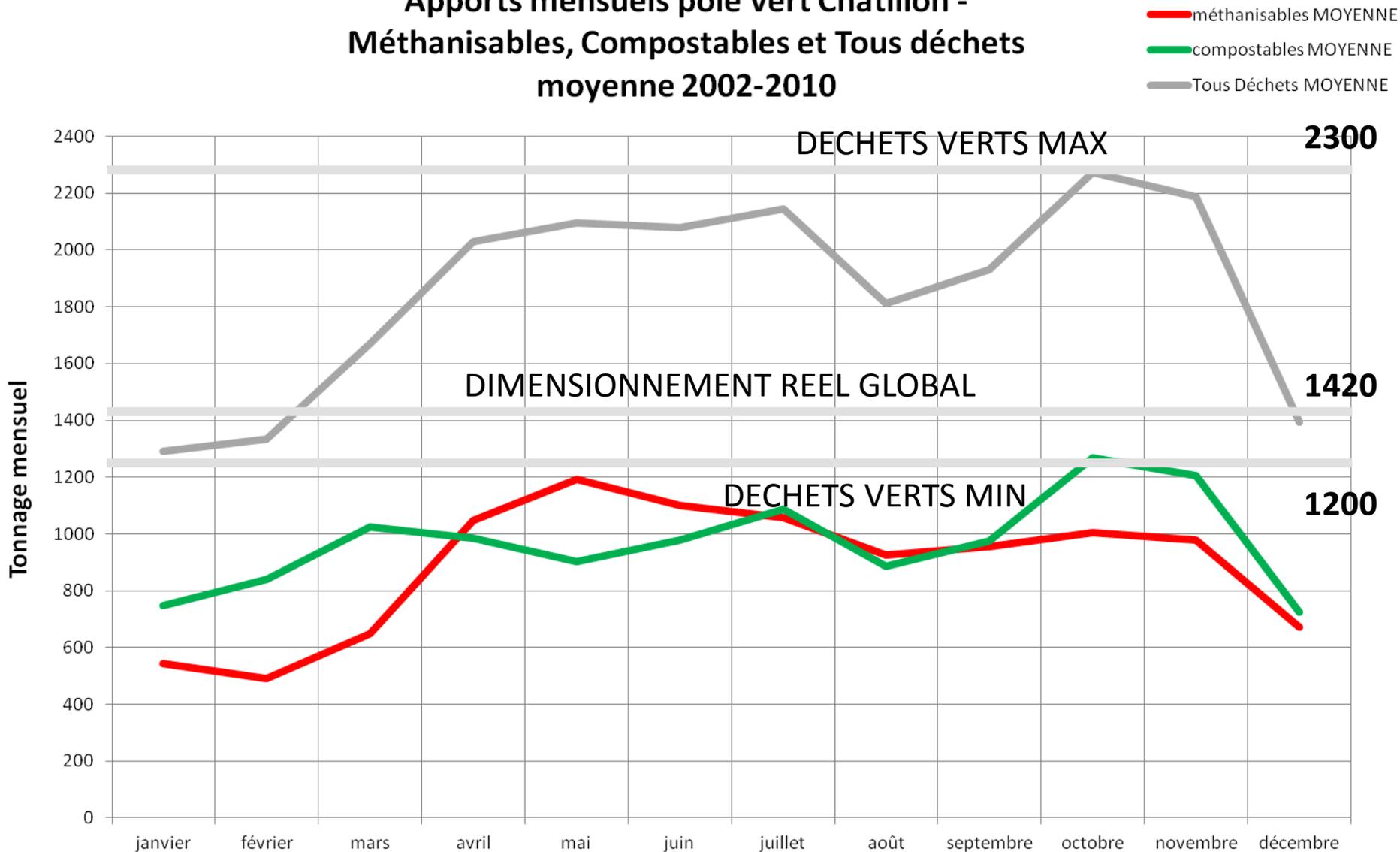
Apports mensuels pôle vert Châtillon -  
Méthanisables, Compostables et Tous déchets  
moyenne 2002-2010

- méthanisables MOYENNE
- compostables MOYENNE
- Tous Déchets MOYENNE



# Problématique du dimensionnement

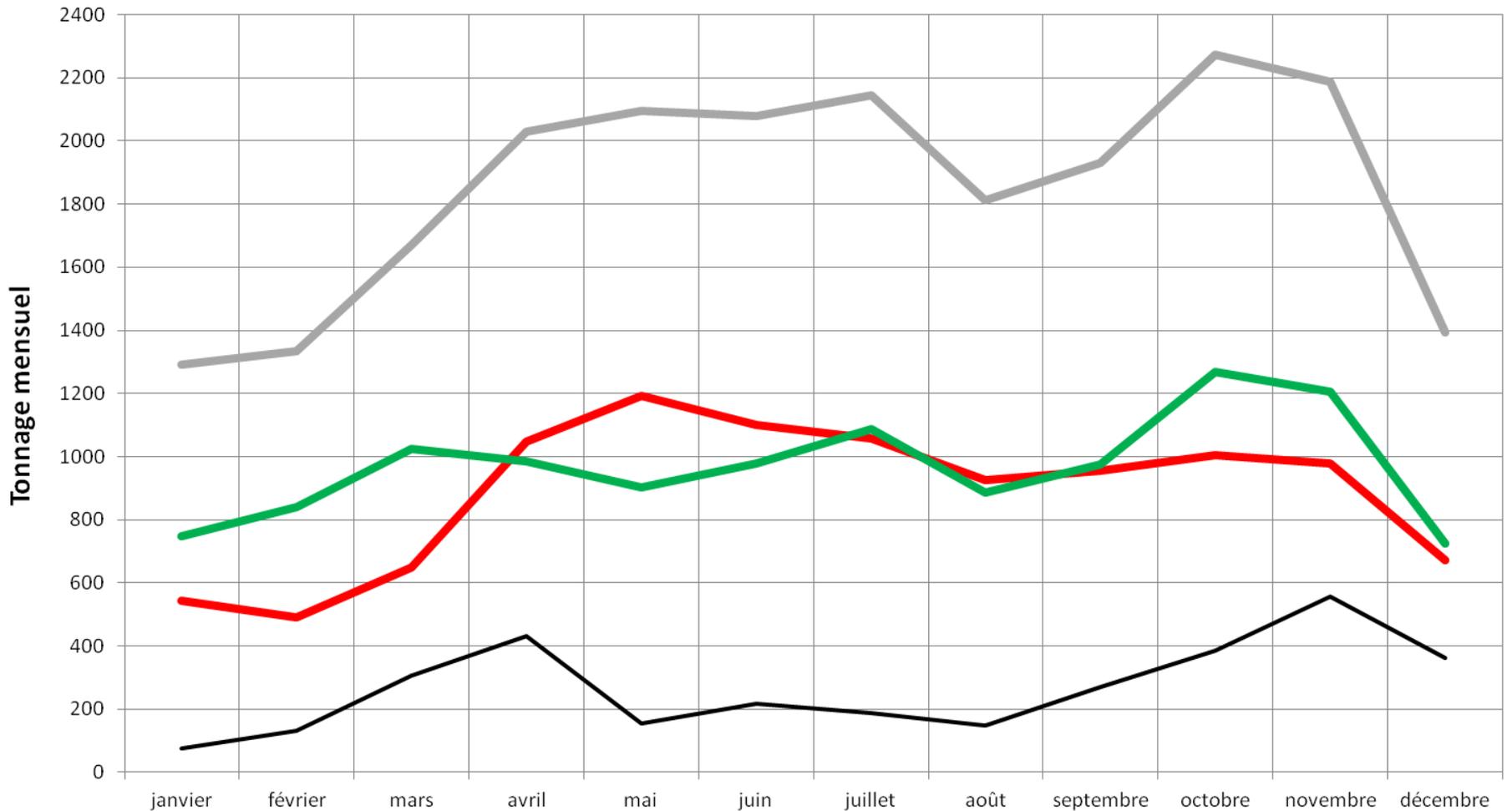
Apports mensuels pôle vert Châtillon -  
Méthanisables, Compostables et Tous déchets  
moyenne 2002-2010



# Ecrêtage à l'aide du compost bord de champ

**Apports mensuels pôle vert Châtillon -  
Méthanisables, Compostables et Tous déchets  
moyenne 2002-2010**

- méthanisables MOYENNE
- compostables MOYENNE
- Tous Déchets MOYENNE
- Compost Bord de Champ (moy 2009-2011)



# Constats déchets verts Châtillon

- Bonne corrélation des quantités d'une année à l'autre selon code déchets
- Double « bosse »
  - gazon méthanisable printemps
  - feuilles compostables automne
- Problème du dimensionnement des installations
  - Collaboration agriculture / modularité
  - Tout est compostable, une partie est méthanisable
  - Tarifications différenciées / stockage hors site

# Transformateur : Méthanisation

- Méthanisation des déchets organiques :
  - Taille critique
  - Durée traitement courte ( $\approx$  15-20 jours)
  - Déchets ligneux = ballast
  - Eau à traiter et/ou valoriser
  - Valorisation énergie (biogaz) Et matière (digestat)  $\rightarrow$  couplé avec compostage
  - Investissements élevés (plusieurs Mchf)
  - Lié à la taxe de prise en charge des déchets



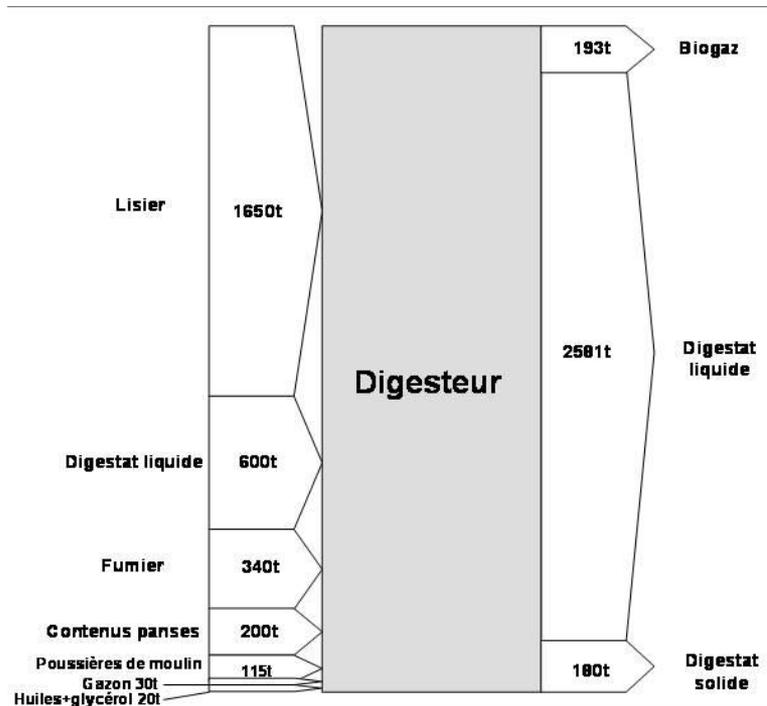
Digesteur Valorga (Châtillon)



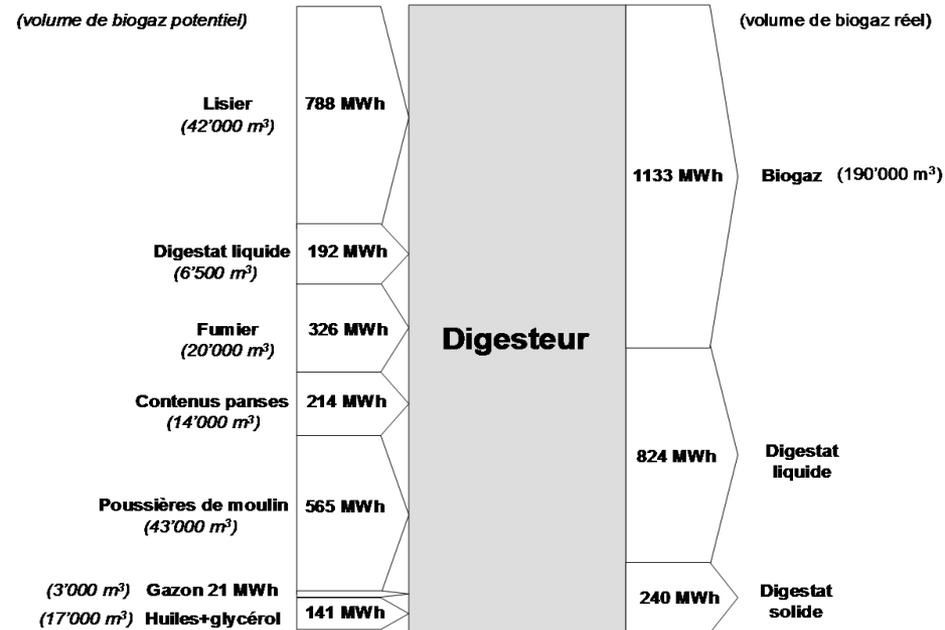
Digesteur Kompogas (Lavigny)

# Méthanisation : 2 visions d'une valorisation

## Vision « matière » »



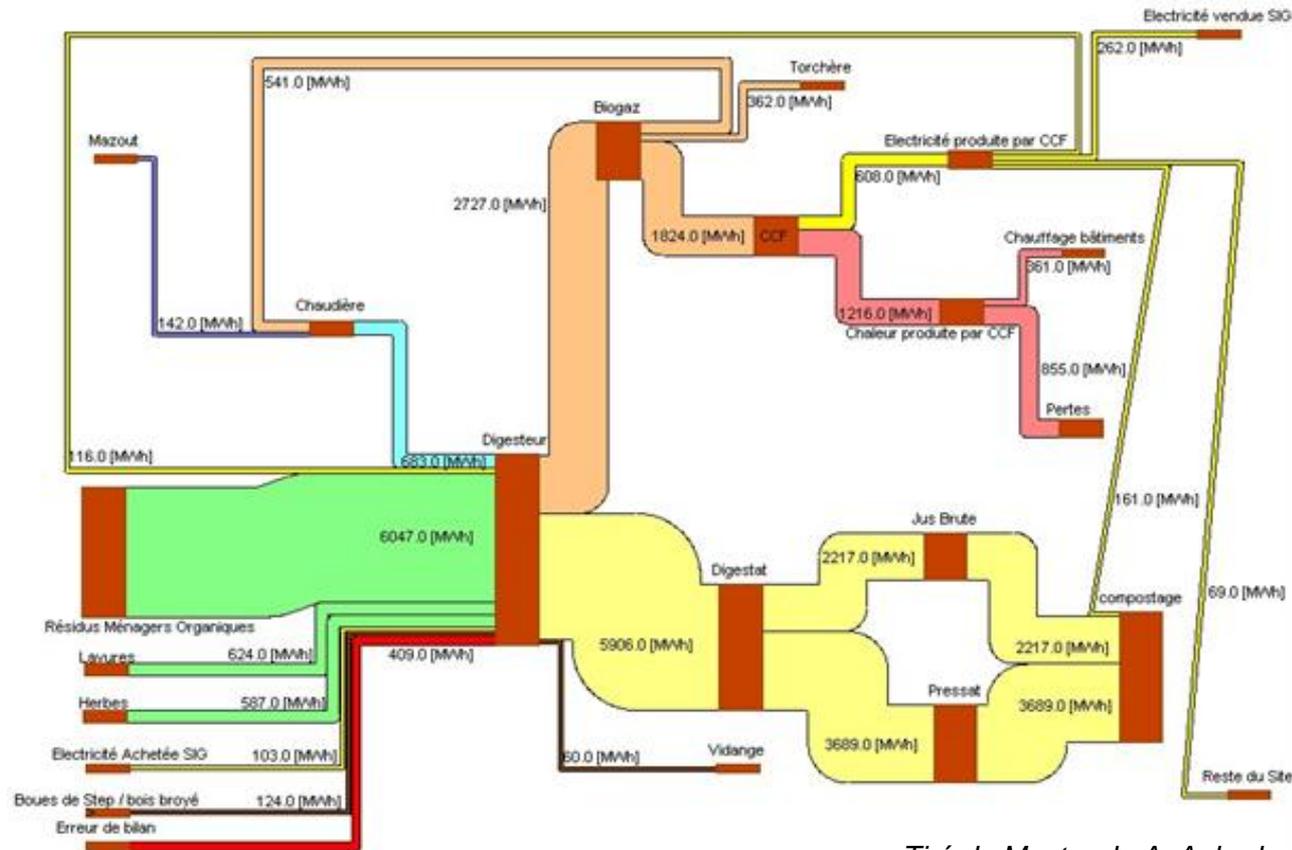
## Vision « énergie » »



Tiré du Master de C. Büchelin, 2007

# Méthanisation : bilan Energie Châtillon

Site de Châtillon: Bilan énergie moyen 2004-2008



Tiré du Master de A. Aeberhard, 2009

# Energie : comparaison filiales méthanisation VS incinération

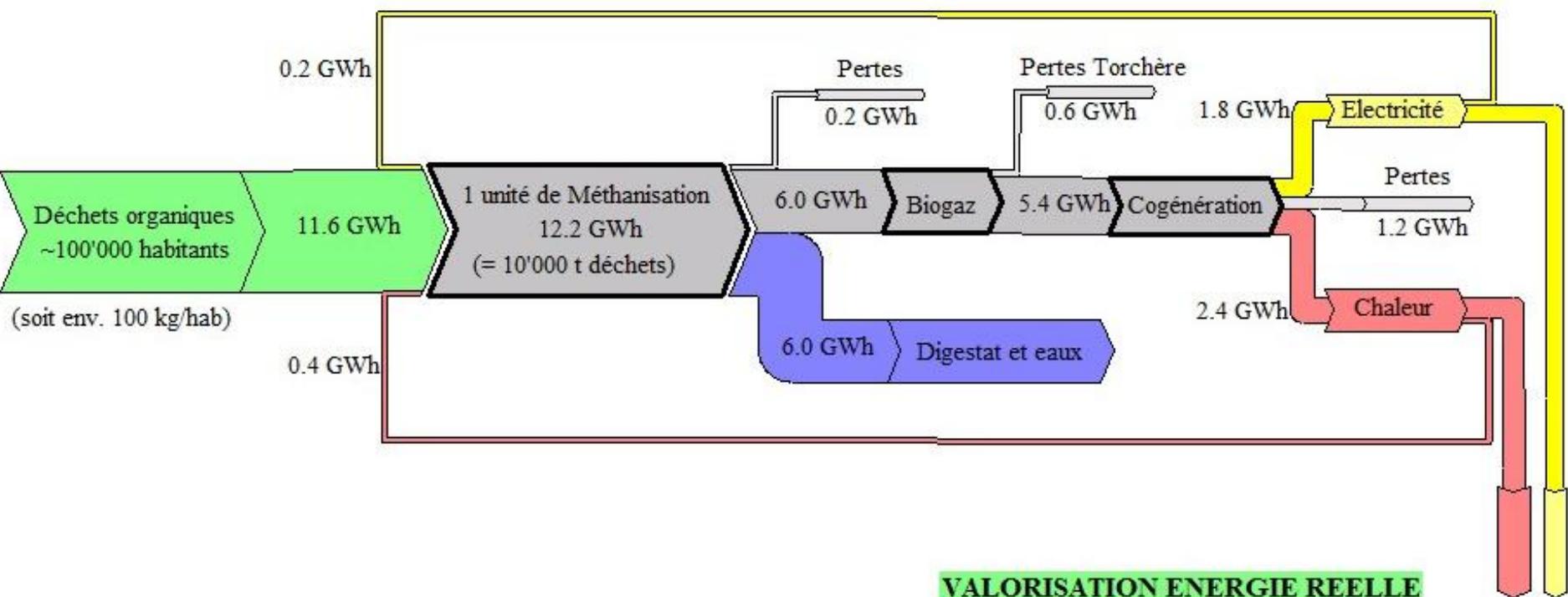
	Méthanisation Châtillon moyenne 2004-2008	Incinération UVTD Cheneviers 2007
<b>Rendement énergie Valorisée</b>	<b>16%</b>	<b>47%</b>
<b>Électricité produite</b>	<b>7%</b>	<b>16%</b>
Électricité autoconsommée	1%	4%
Électricité vendue	6%	12%
<b>Chaleur produite</b>	<b>24%</b>	<b>84%</b>
Chaleur autoconsommée	9%	18%
Chaleur vendue	0	13%
Chaleur perdue	15%	53%
<b>« Solde » énergie dans compost</b>	<b>69%</b>	

# Quelques caractéristiques du biogaz

- Production brute moyenne de 100 m<sup>3</sup> de biogaz/ tonnes introduites de Matières Fraîches (t MF)\* :
  - Biogaz à 55-60% de méthane
  - Potentiel brut de 6 kWh / m<sup>3</sup> de biogaz
  - ≈ 5-10% du biogaz perdu en torchère
  - Potentiel réel dépend du rendement de la valorisation
- Trois grands types de Valorisation :
  - Cogénération
  - Carburant
  - Injection dans le réseau

\*pour les déchets organiques des ménages

# Bilan filière COGENERATION

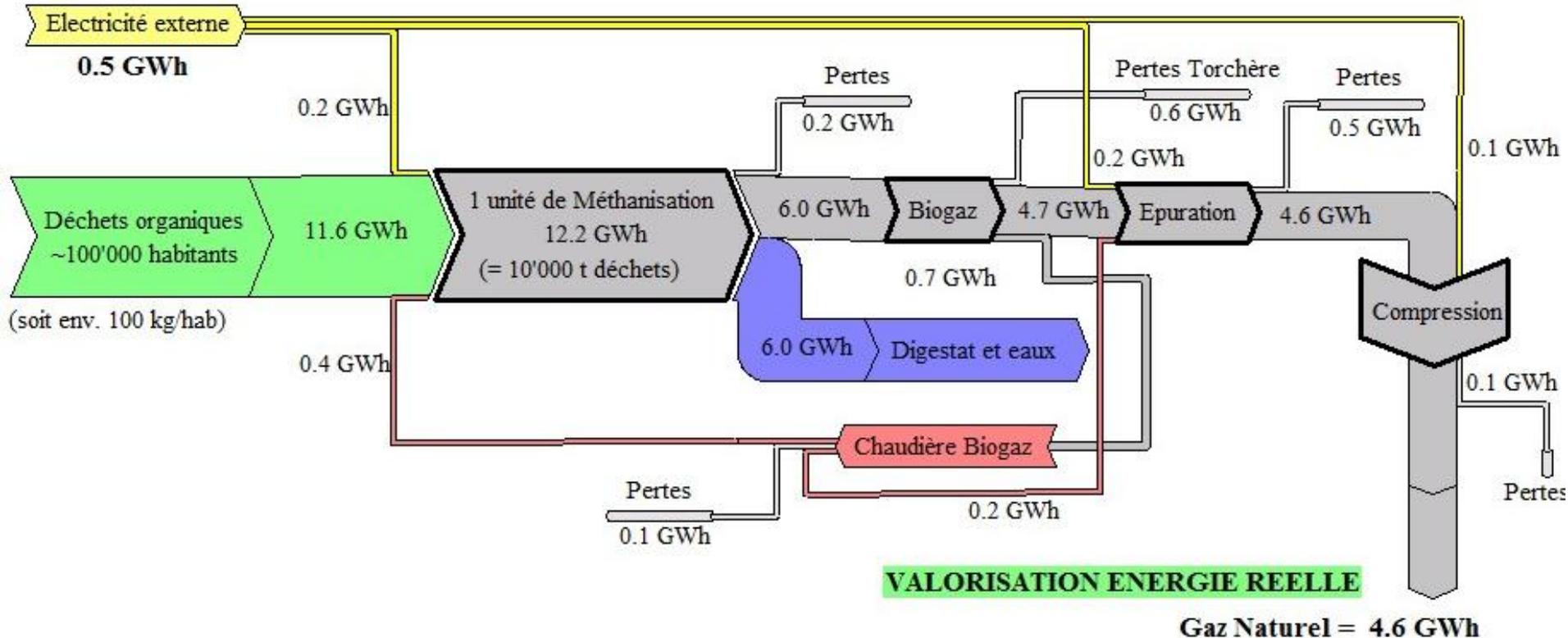


**VALORISATION ENERGIE REELLE**

Chaleur = 2.0 GWh  
Electricité = 1.6 GWh

- Autonomie Electricité/Chaleur
- Valorisation de 3.6 GWh

# Bilan filière CARBURANT / INJECTION RESEAU



- Apport de 0.5 GWh d'électricité externe
- Valorisation de 4.6 GWh sans contrainte de lieu

# Synthèse biogaz issu de déchets verts

- Quantité et qualité des **ressources**
  - Dynamique de la « double bosse »
  - Problème du dimensionnement
- Deux **transformateurs** :
  - **Méthanisation** (facultatif)
  - **Compostage** (obligatoire)
- Différentes **valorisations**
  - Énergie → Électricité/chaleur/carburant (privilégier efficacité)
  - Valorisation matière : compost
- Collaboration avec l'agriculture indispensable

# Potentiel suisse du biogaz «déchets verts»

## RESSOURCES

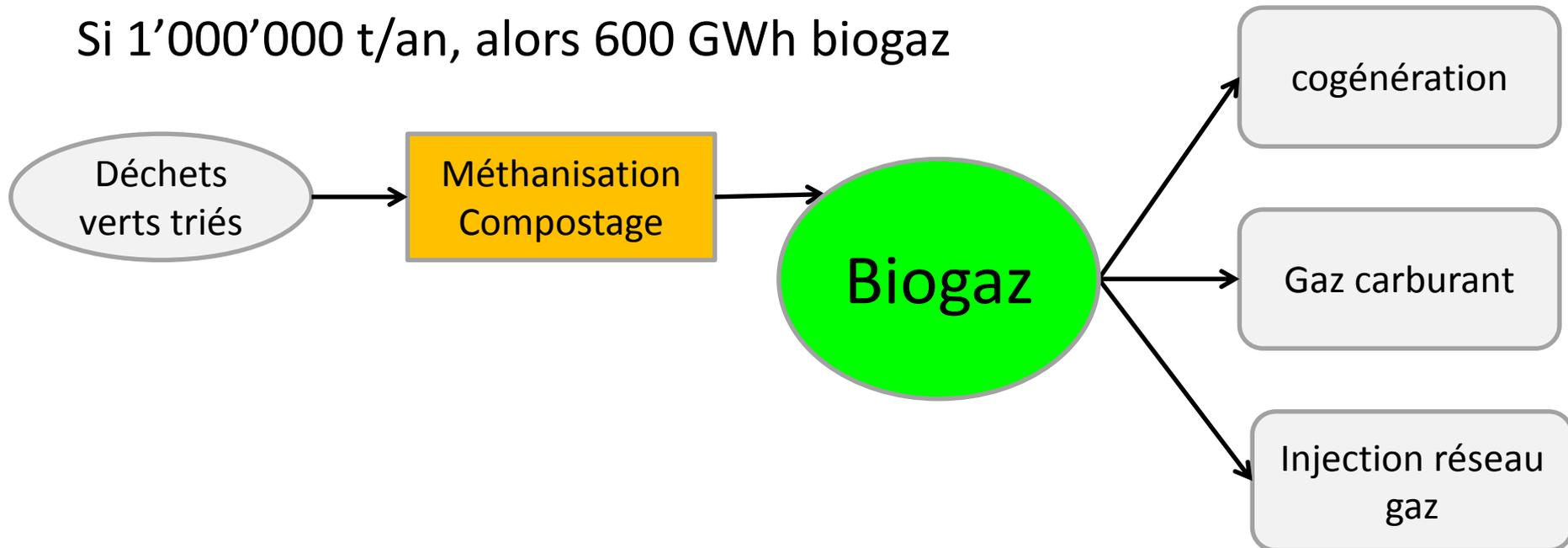
## TRANSFORMATEURS

## VALORISATION

Ressource déchets verts = 2'000'000 t/an

Méthanisation 2011 = 310'000 t/an

Si 1'000'000 t/an, alors 600 GWh biogaz



# Potentiel suisse du biogaz STEP

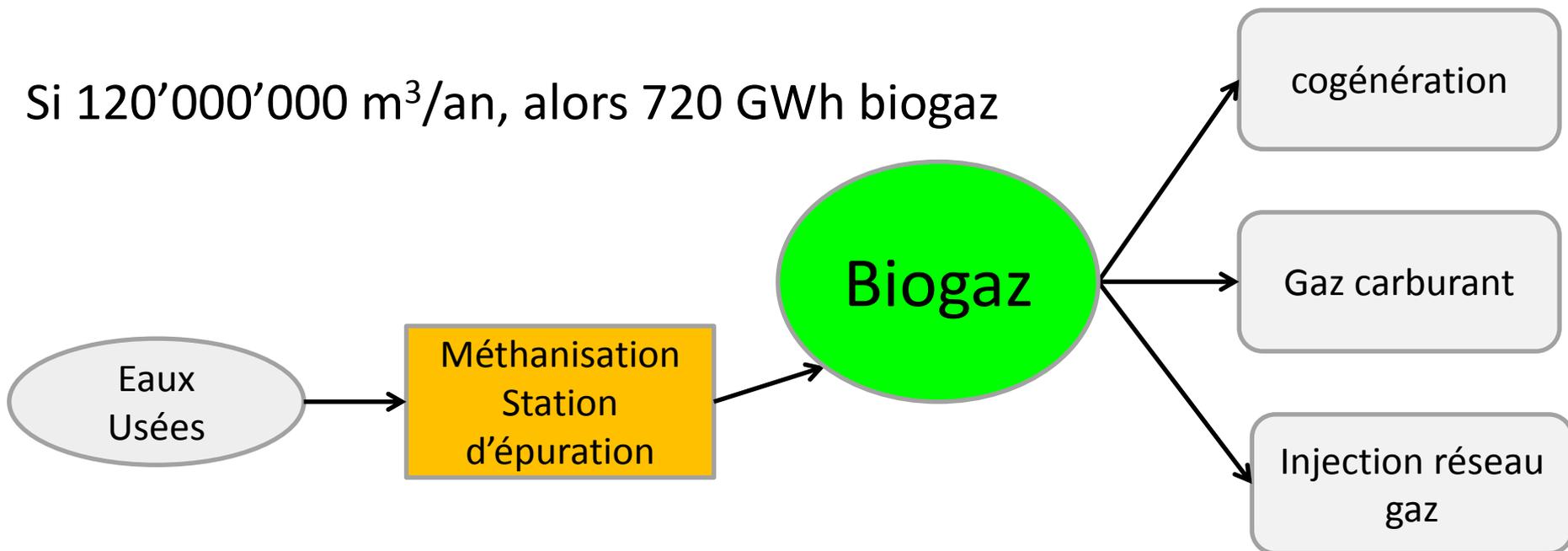
**RESSOURCES**

**TRANSFORMATEURS**

**VALORISATION**

Production biogaz STEP\* = 90'000'000 m<sup>3</sup>/an

Si 120'000'000 m<sup>3</sup>/an, alors 720 GWh biogaz



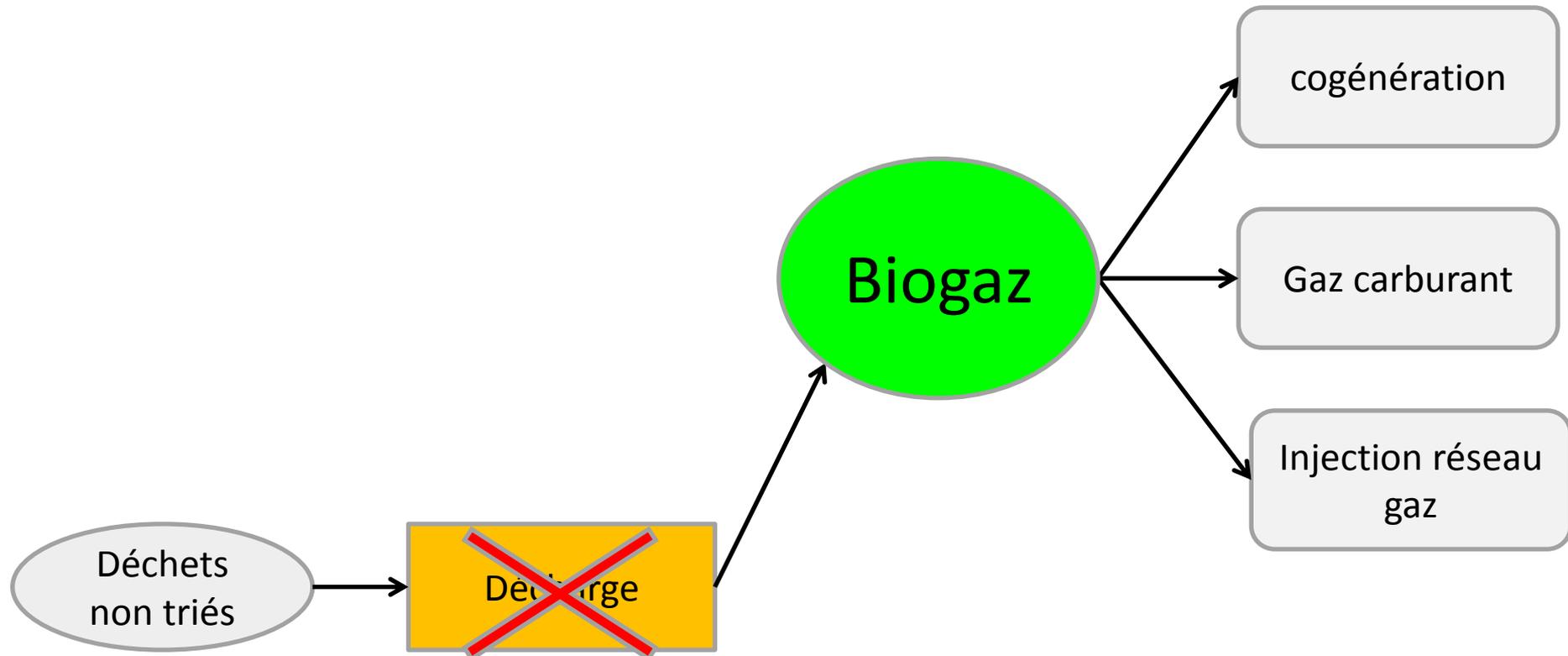
\*source : SuisseEnergie, *le biogaz de STEP*, 2006

# Potentiel suisse du biogaz décharge

**RESSOURCES**

**TRANSFORMATEURS**

**VALORISATION**

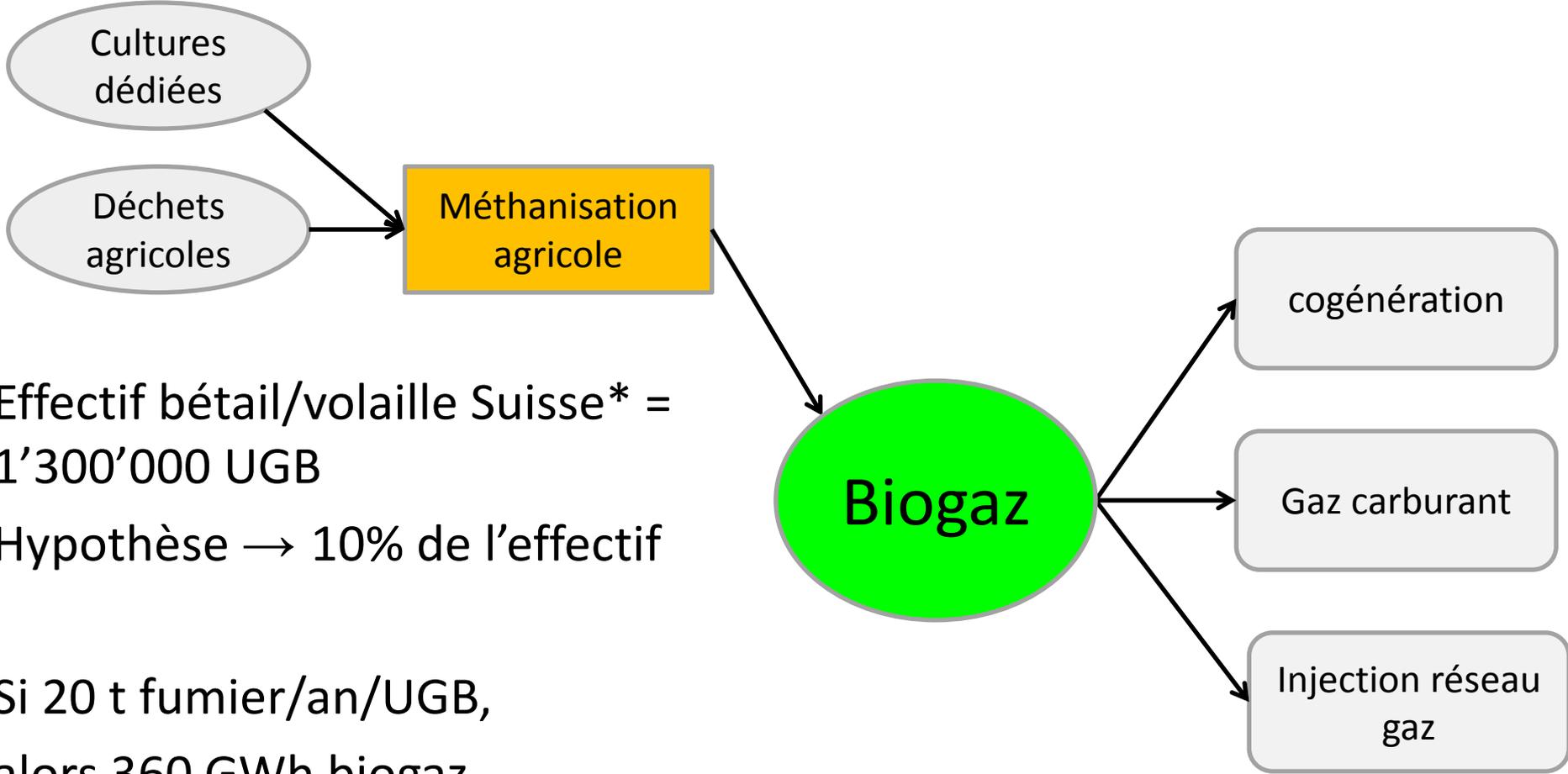


# Potentiel suisse du biogaz agricole

## RESSOURCES

## TRANSFORMATEURS

## VALORISATION



Effectif bétail/volaille Suisse\* =  
1'300'000 UGB

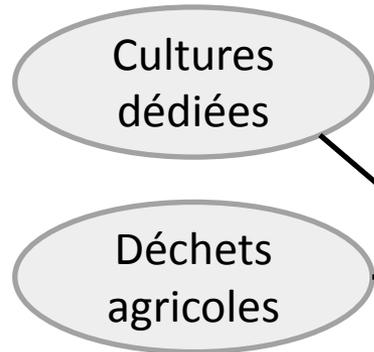
Hypothèse → 10% de l'effectif

Si 20 t fumier/an/UGB,  
alors 360 GWh biogaz

\*source : USP, *Statistiques et Evaluations concernant l'agriculture et l'alimentation*, 2007

# Potentiel suisse du biogaz agricole

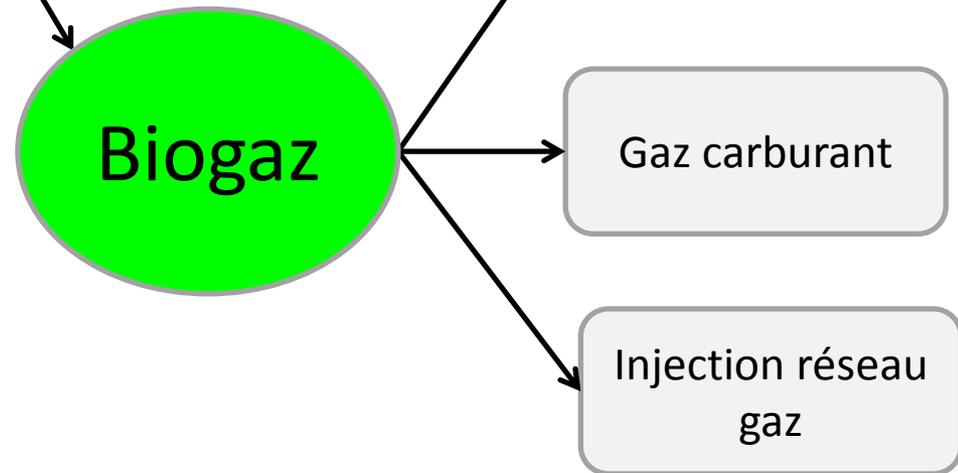
## RESSOURCES



## TRANSFORMATEURS



## VALORISATION



Si 10% Surface Agricole Utile  
Alors 31'000 ha\*,  
Soit 780 GWh biogaz<sup>+</sup>

\*calculé selon : OFS, *agriculture Suisse*, statistiques de poche 2012

+ avec hypothèse à 25 MWh/ha

# Synthèse des potentiels suisses

<b>Filières</b>	<b>Production primaire biogaz (GWh/an)</b>
Déchets verts	600
STEP	720
Décharge	0
Agriculture (fumiers/lisiers)	360
Agriculture (cultures dédiées)	780
<b>TOTAL</b>	<b>2'460</b>



**Si 80% de valorisé  
Alors ~ 2 TWh  
(ou 7.2 PJ)**

# SE 2050 : production électrique nouvelles énergies renouvelable (TWh/an)

	2000	2010	2020	2030	2035	2040	2050
<b>Total des énergies renouvelables</b>	<b>0.81</b>	<b>1.38</b>	<b>3.68</b>	<b>8.24</b>	<b>11.94</b>	<b>16.15</b>	<b>24.22</b>
<b>non couplées</b>	<b>0.01</b>	<b>0.12</b>	<b>1.37</b>	<b>4.15</b>	<b>7.63</b>	<b>11.74</b>	<b>19.77</b>
Photovoltaïque	0.01	0.08	0.52	1.91	4.44	6.74	11.12
Energie éolienne	0.00	0.04	0.66	1.46	1.76	2.59	4.26
Biomasse (gaz de bois)	-	-	-	-	-	-	-
Géothermie	-	-	0.20	0.78	1.43	2.41	4.39
<b>couplées</b>	<b>0.80</b>	<b>1.26</b>	<b>2.31</b>	<b>4.09</b>	<b>4.31</b>	<b>4.41</b>	<b>4.46</b>
Biomasse (bois)	0.01	0.14	0.60	1.21	1.21	1.23	1.24
Biogaz	0.01	0.08	0.46	1.29	1.48	1.55	1.58
STEP	0.09	0.12	0.16	0.27	0.29	0.29	0.30
UIOM (50 % ER)	0.63	0.92	1.10	1.32	1.32	1.33	1.33
Gaz de décharge	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

# SE 2050 : contribution « non électrique » (PJ/an)

Endenergienachfrage nach Energieträgern (PJ)	2000	2010	2020			2030			2035			2040			2050		
			WWB	POM	NEP												
<b>Elektrizität*</b>	185.1	211.5	221.3	211.1	210.4	227.8	207.2	200.6	232.0	208.5	198.2	237.3	211.9	196.1	248.5	219.1	190.9
Heizölprodukte	206.8	194.0	132.8	130.4	122.1	91.0	82.7	63.4	76.8	66.7	46.0	65.7	54.4	34.0	49.2	37.8	19.8
Sonstige Erdölprodukte	5.9	4.2	5.0	5.0	4.6	4.6	4.5	3.8	4.4	4.3	3.5	4.2	4.1	3.2	3.8	3.8	2.7
Erdgas	87.0	108.2	111.3	107.4	104.0	107.9	95.4	86.3	103.2	88.2	76.0	98.2	81.2	66.5	87.7	70.0	50.9
Kohle	5.8	6.4	5.9	5.9	4.9	4.7	4.7	2.5	4.2	4.2	1.7	3.7	3.8	1.0	2.9	2.9	0.0
Fernwärme*	13.2	17.3	20.2	22.0	20.5	21.5	25.7	21.4	21.5	25.1	20.2	21.2	23.8	18.4	20.4	21.0	14.9
Holz	27.1	37.4	37.8	37.6	35.3	37.0	36.5	28.6	35.8	34.8	24.2	34.6	33.0	20.4	32.2	29.2	15.6
Übrige feste Biomasse	0.0	0.0	0.0	0.0	0.9	0.0	0.0	1.9	0.0	0.0	2.2	0.0	0.0	2.5	0.0	0.0	2.7
(Industrie-)Abfälle	10.4	10.0	10.4	10.4	10.0	9.8	9.7	8.5	9.4	9.4	7.9	9.0	9.0	7.3	8.3	8.1	6.2
Solarwärme	0.6	1.4	3.9	4.0	4.7	6.7	7.8	10.2	8.2	9.8	13.5	9.6	11.7	17.5	12.8	14.8	28.5
Umgebungswärme	4.3	10.8	21.4	21.7	22.5	30.0	32.4	32.1	32.5	35.3	34.4	34.4	37.2	35.2	36.1	37.2	33.5
<b>Biogas, Klärgas</b>	1.4	<b>1.5</b>	2.0	2.0	3.8	2.5	2.4	7.2	2.7	2.6	8.4	2.9	2.8	9.2	<b>3.3</b>	<b>3.1</b>	<b>10.3</b>
Benzin	169.3	135.2	101.6	92.4	77.0	78.1	64.8	43.8	70.5	55.5	31.7	65.2	48.7	23.4	57.0	38.7	12.8
Diesel	55.9	98.8	107.5	96.8	79.9	101.2	81.4	52.7	96.8	72.9	39.9	93.0	66.1	30.4	86.0	56.0	17.3
Flugtreibstoffe	4.3	3.4	3.4	3.4	3.4	3.4	3.4	3.3	3.3	3.3	3.2	3.3	3.3	3.1	3.2	3.2	3.0
Flüssige Biotreibstoffe	0.1	0.4	2.2	15.7	29.3	1.9	16.5	35.0	1.7	16.2	36.0	1.6	16.0	36.4	1.4	15.7	37.2
Erdgas als Treibstoff	0.0	0.2	0.5	0.4	0.5	1.2	1.0	1.0	1.5	1.1	1.1	1.6	1.1	1.1	1.7	1.1	1.0
<b>Biogas als Treibstoff</b>	0.0	<b>0.1</b>	0.4	0.4	0.3	1.0	0.9	0.7	1.4	1.1	0.8	1.7	1.2	0.9	<b>1.9</b>	<b>1.2</b>	<b>0.9</b>
Wasserstoff	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.2	0.2	0.5	0.7	0.6	1.8	2.5	2.3
<b>Insgesamt</b>	<b>777.2</b>	<b>840.8</b>	<b>787.8</b>	<b>766.7</b>	<b>734.2</b>	<b>730.3</b>	<b>677.1</b>	<b>603.0</b>	<b>706.0</b>	<b>639.2</b>	<b>549.0</b>	<b>687.7</b>	<b>610.0</b>	<b>507.0</b>	<b>658.2</b>	<b>565.3</b>	<b>450.6</b>

6.8

Source : OFEN, PROGNOSE, « die Energieperspektiven für die Schweiz bis 2050 », 2012, page 105

**Soit, pour 2050 : entre 11 et 18 PJ d'énergie finale  
(6.8 électricité et 4.3 à 11.2 chaleur/carburant)**

# Conclusions – points clés

- Le biogaz est issu de nombreuses filières
  - Différencier la production primaire de la valorisation réelle
    - Voie biochimique :  $\sim \frac{1}{2}$  du PCI
    - Rendement valorisation (< 50% aujourd'hui)
  - Bien qualifier les ressources utilisées est fondamental
  - Collaborer avec les milieux agricoles est nécessaire
- **Politique déchets et agriculture > politique énergie**