



# Secteur de l'énergie

**Ateliers régionaux africains sur les systèmes nationaux de surveillance des forêts pour la REDD + et les systèmes nationaux d'inventaire des gaz à effet de serre**

**25-27 février 2014**

**Livingstone, Zambie**

**Maya Fukuda**

**Technical Support Unit, IPCC TFI**

**ipcc**

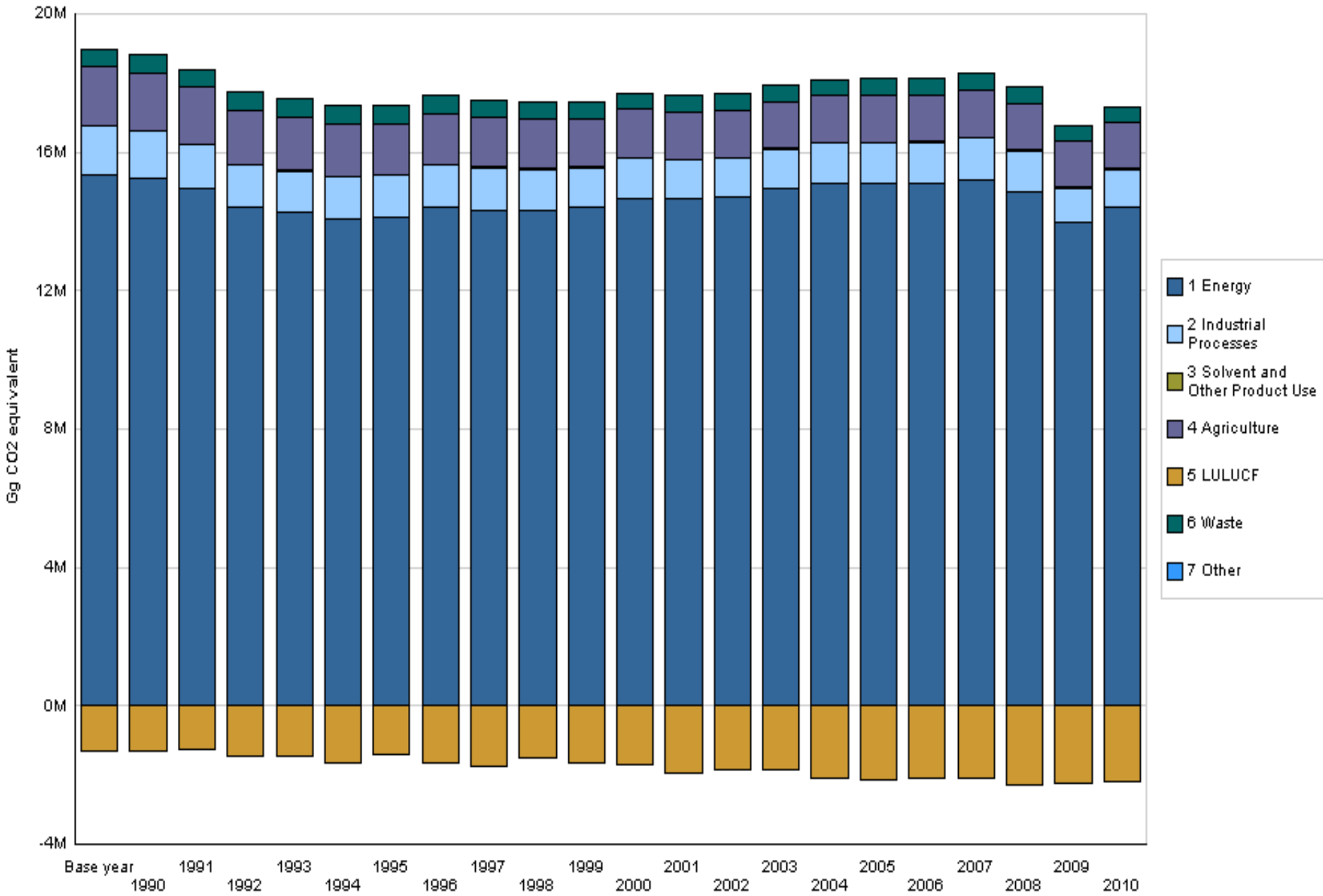
INTERGOVERNMENTAL PANEL ON climate change

1. Qui a travaillé sur les émissions nationales de GES provenant du secteur de l'énergie?
2. Quels gaz sont émis dans le secteur de l'énergie?
3. Quels sont les deux plus importants secteurs dans votre inventaire national de GES?
4. Quels sont les combustibles les plus importants dans votre pays?
5. Quels sont les combustibles produits dans votre pays?

**Quelques questions ...**

### Annual greenhouse gas (GHG) emissions for Annex I

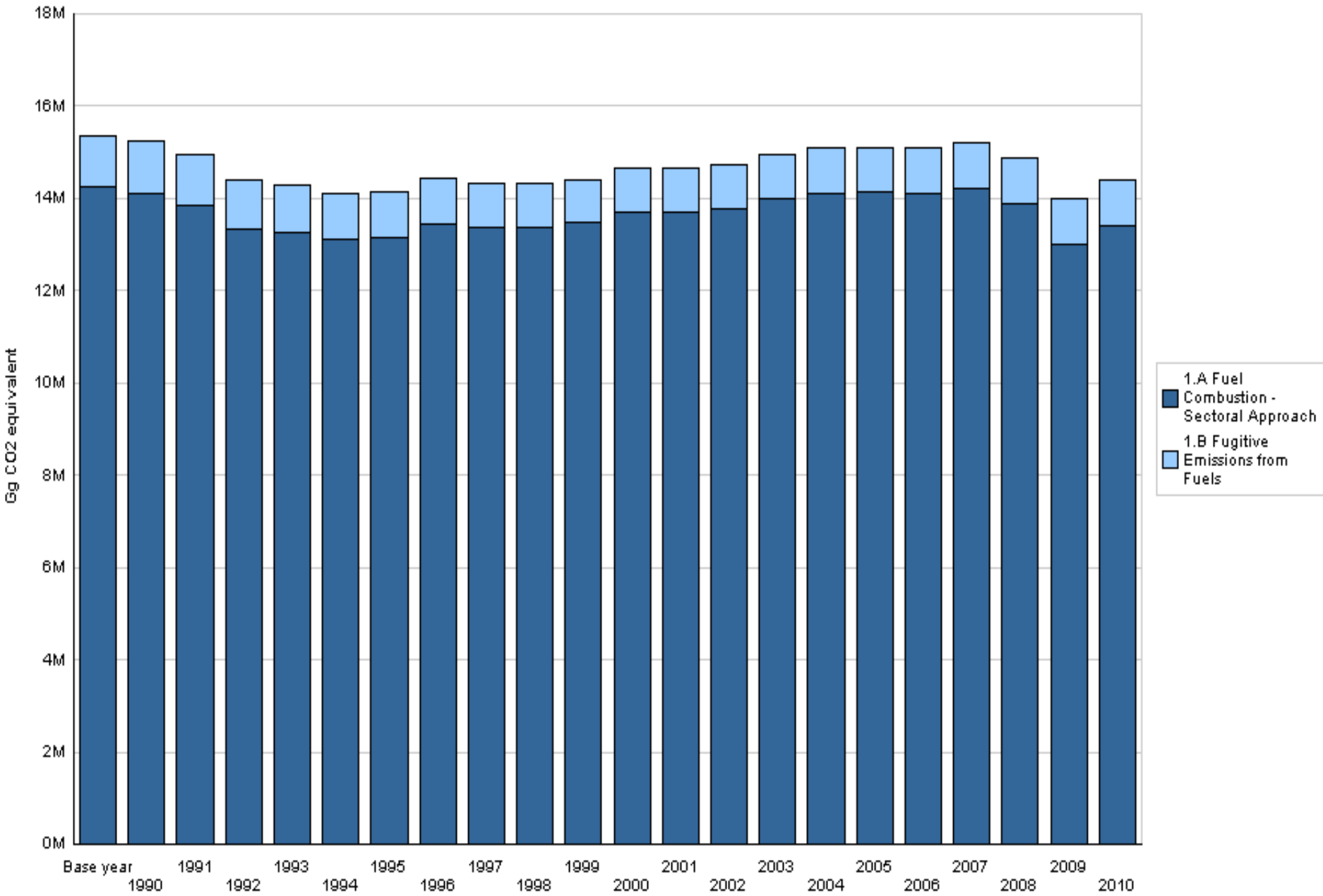
Query results for Party: Annex I - Years: All years - Category: Total GHG emissions including LULUCF/LUCF - Gas: Aggregate GHGs



Source: UNFCCC Data Interface, Thursday, 30 August 2012 09:02:52 CEST

### Annual greenhouse gas (GHG) emissions for Annex I

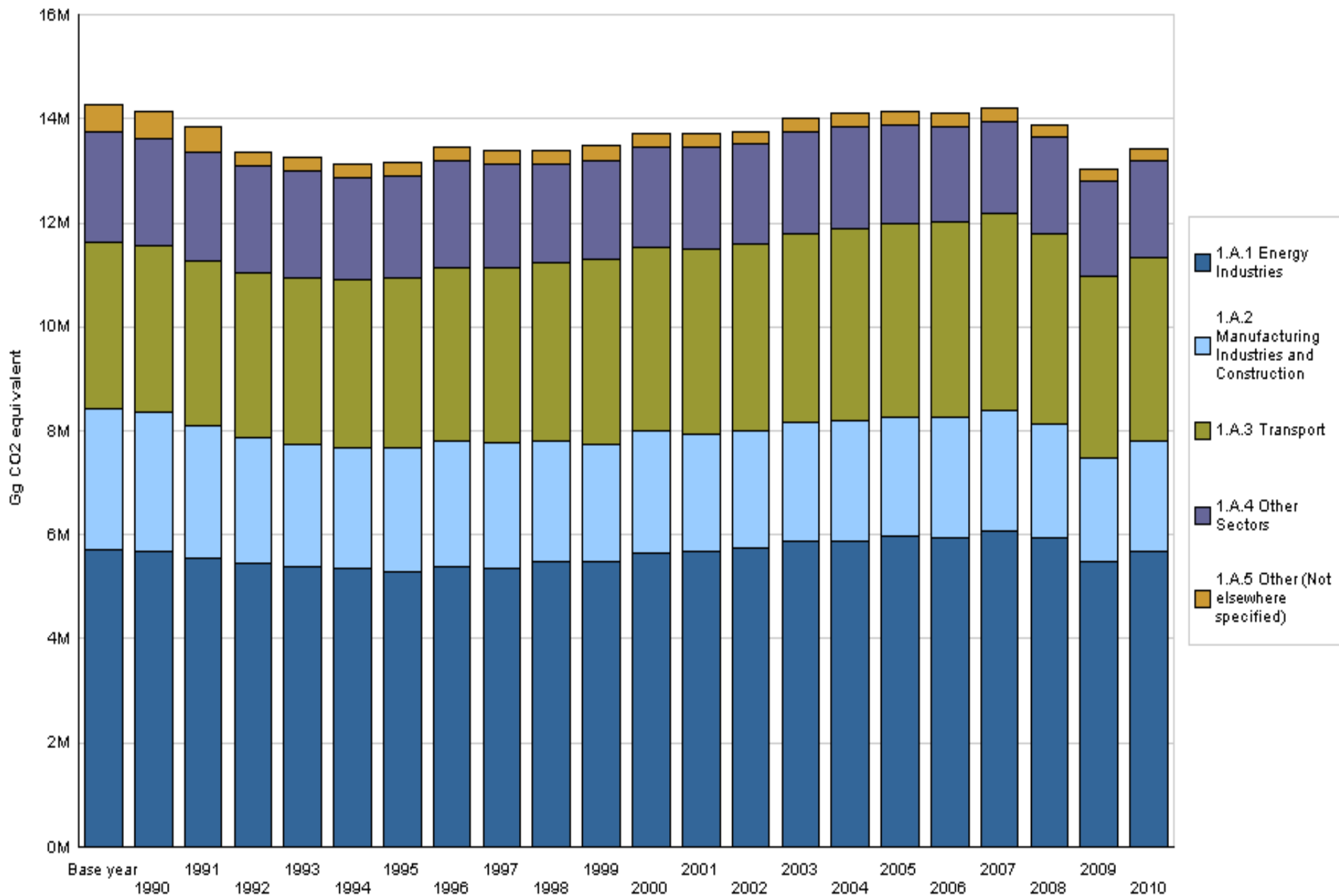
Query results for Party: Annex I - Years: All years - Category: 1 - Energy - Gas: Aggregate GHGs



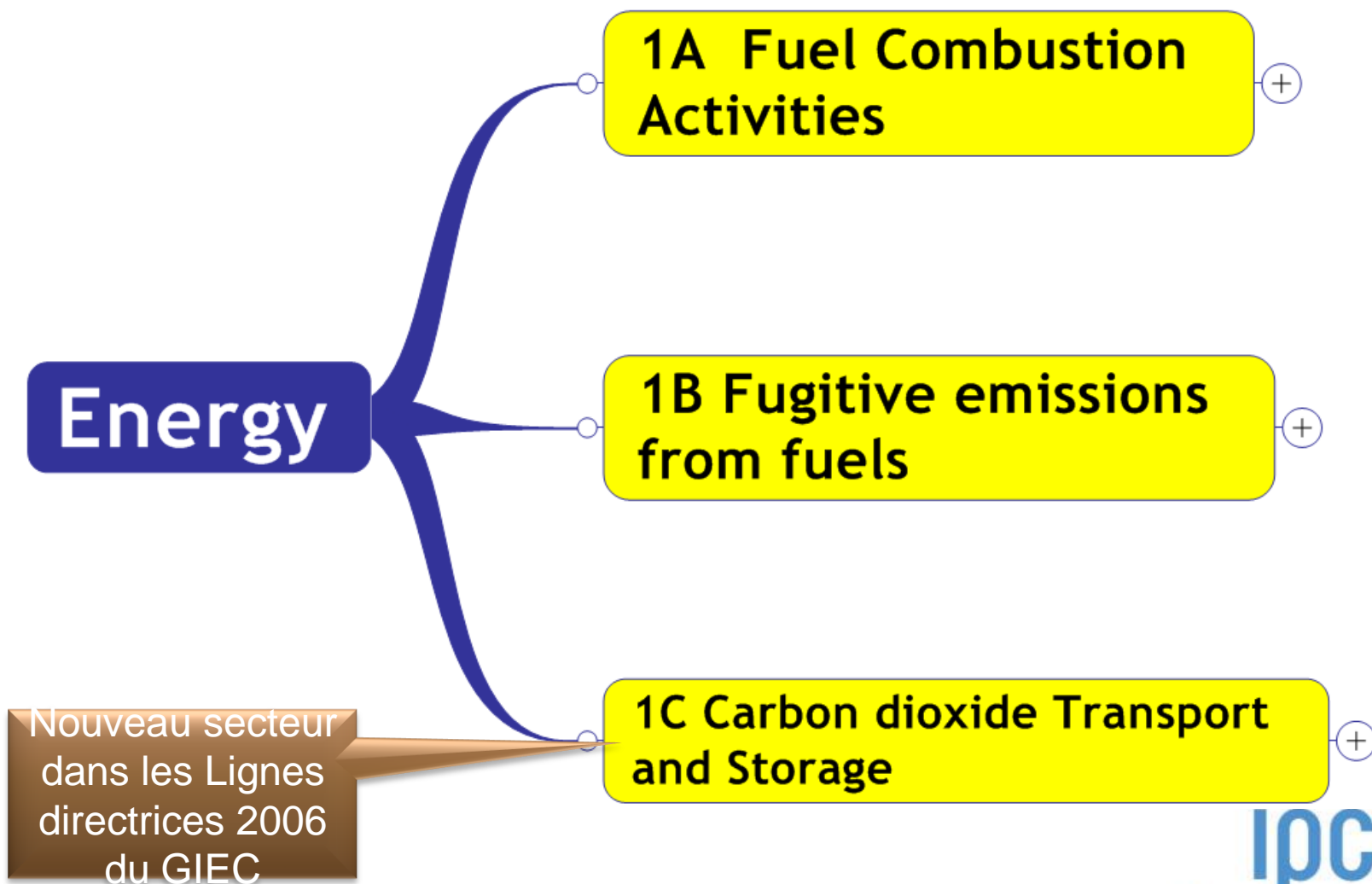
Source: UNFCCC Data Interface, Thursday, 30 August 2012 09:07:18 CEST

## Annual greenhouse gas (GHG) emissions for Annex I

Query results for Party: Annex I - Years: All years - Category: 1.A - Fuel Combustion - Sectoral Approach - Gas: Aggregate GHGs



# Secteur de l'énergie



# Emissions liées à l'énergie



## Production

- Emissions fugitives des mines de charbon, puits de pétrole et de gaz
- Combustion d'énergie dans la combustion stationnaire

## Traitement

- Transformation
- Centrales électriques
- Raffineries
- Production de combustibles solides sans fumée
- Combustion d'énergie dans la combustion stationnaire

## Stockage

- Fuites imputables aux réservoirs de pétrole et au stockage de gaz
- Emissions imputables aux piles de charbon

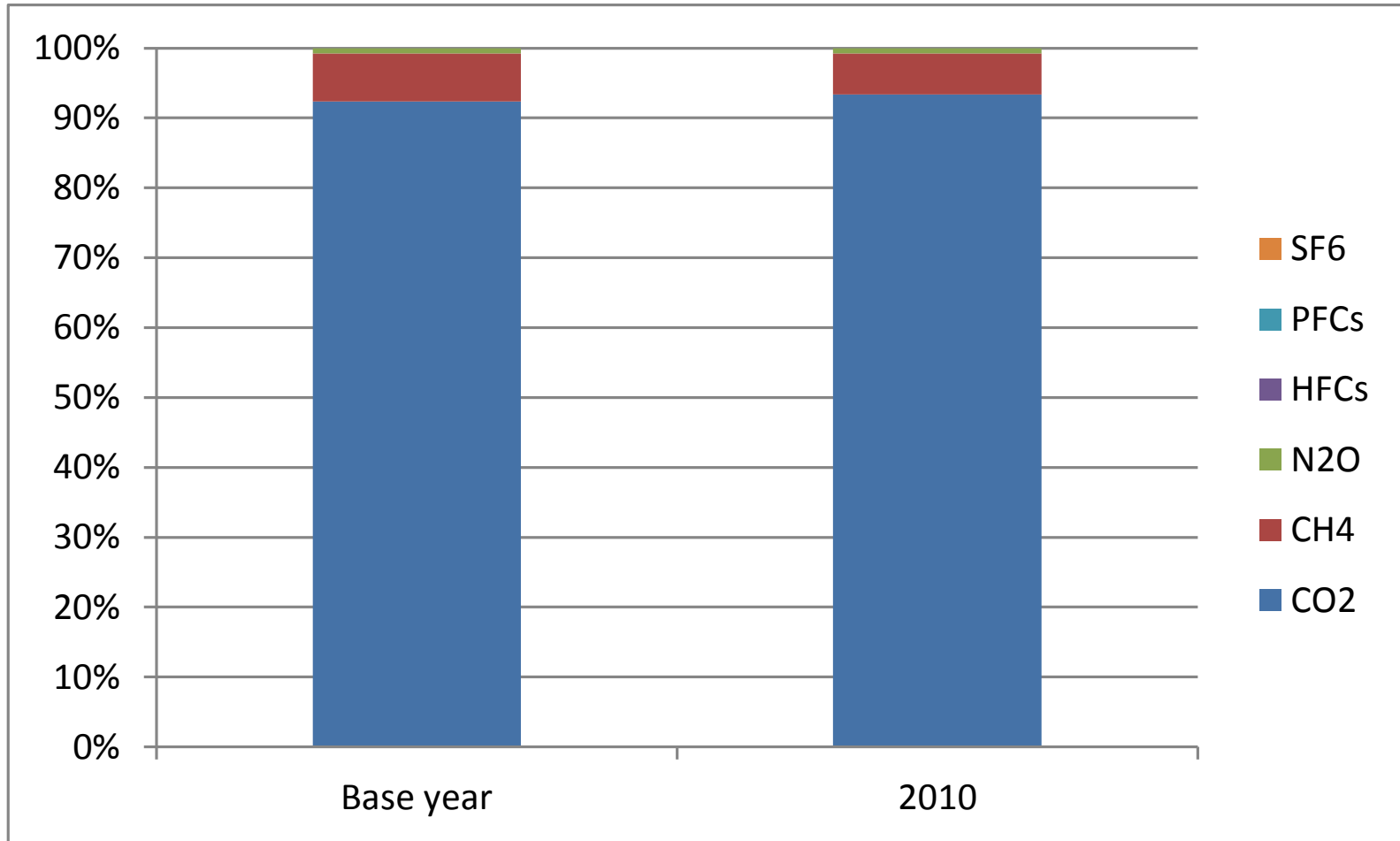
## Transport

- Emissions fugitives imputables principalement aux pipelines, aux navires et au transport routier
- Compresseurs de pipelines dans les sources mobiles
- Combustion d'énergie dans la combustion stationnaire

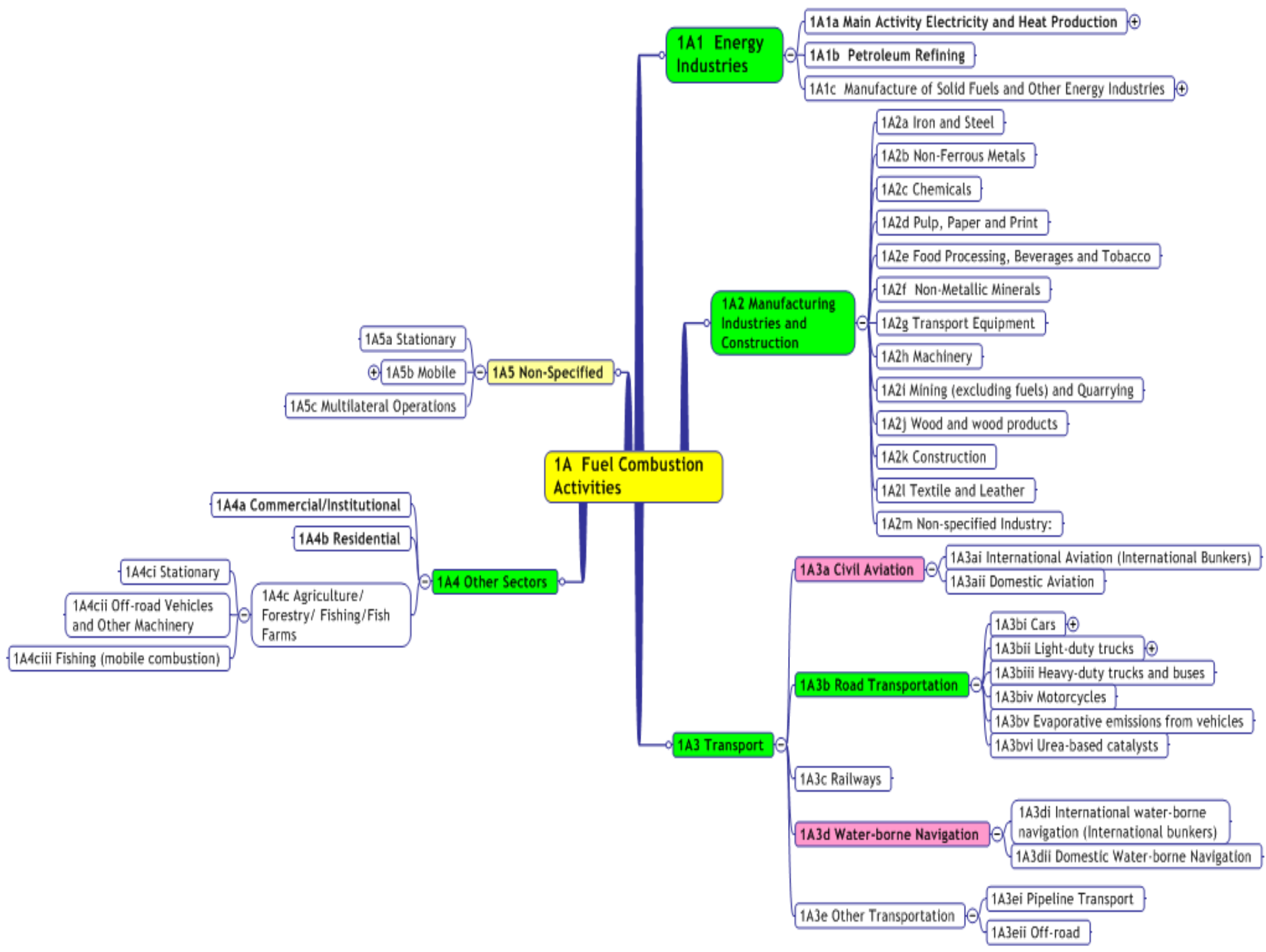
## Utilisation

- Combustion stationnaire: industrie, commerce, agriculture, pêche, etc..
- Sources mobiles: transport routier, aviation et navigation

# Annexe 1 - Emissions provenant du secteur de l'énergie par le gaz







# Emissions issues de la combustion

- Les émissions de CO<sub>2</sub> dépendent:
  - presque exclusivement de la teneur en carbone du combustible
  - d'une petite quantité de carbone non oxydé (généralement > 1%)
- Les émissions de CH<sub>4</sub> de N<sub>2</sub>O dépendent
  - du type de combustible
  - de la technologie de combustion
  - des conditions d'utilisation
  - de la technologie de contrôle
  - de la qualité de l'entretien
  - de l'âge des installations

# Calcul des émissions de CO<sub>2</sub>

- On utilise généralement de simple méthodes de calculs. Par exemple:
  - Les émissions de CO<sub>2</sub> imputables à la combustion relèvent du carbone dans le combustible
  - Dans une combustion efficace la quasi-totalité (>> 99%) du carbone dans le charbon est convertie en CO<sub>2</sub>.



C émis sous forme de CO<sub>2</sub>  
Aussi sous forme de SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> etc.

La combustion incomplète entraîne des émissions  
de CO, PM, CH<sub>4</sub>, NMVOC etc.



# Exemple de combustion de combustible

- Émissions imputables à l'utilisation de combustible,  $E$  (kTonne).
  - Combustible brûlé (GJ) (= données sur les activités) ,  $A$
  - Facteur d'émission,  $EF$ 
    - Quantité de carbone dans le combustible (Gg/GJ),  $C$
    - Fraction du carbone oxydé,  $U$
    - $\frac{44}{12}$  Convertit le carbone en  $CO_2$  (= 3.667)

$$EF = \left[ C \times U \times \frac{44}{12} \right]$$

$$Emission = EF \times A$$

1. Une usine brûlant 1000 tonnes de charbon.
2. La composition du charbon est :

	%
Carbone	85
Hydrogène	5,6
Oxygène	7,3
Soufre	1,0

3. En supposant une combustion complète combien de CO<sub>2</sub> est émis?

## Question

1. Facteur d'émission =  $0,85 * 1 * 44/12 = 3,117$

2. Emission =  $1.000 * 3,117 = 3.117$  tonnes

3. Quelle serait la différence si la combustion n'était pas parfaite, mais à 99%...

Facteur d'émission =  $0,85 * .99 * 44/12 = 3,086$

Emission =  $1.000 * 3,086 = 3.086$  tonnes

	%
Carbone	85
Hydrogène	5,6
Oxygène	7,3
Soufre	1,0

**Réponse**

# Cependant

- Les FE sont souvent spécifiés dans les unités d'énergie.
  - Les lignes directrices du GIEC donnent le kg de GES par TJ sur une base calorifique nette
- Si vous avez la masse de combustible et la teneur en carbone en termes de masse utilisez directement ces données
  - tonnes de combustible et % de carbone
- Si vous avez besoin d'utiliser les données FE par défaut, vous devrez convertir la quantité de combustible utilisé en énergie (CV net).

# Unités d'énergie

- La conversion de ces données en unités d'énergie, par exemple joules, nécessite des pouvoirs calorifiques.
- Les Lignes directrices du GIEC utilisent le pouvoir calorifique net (PCN), exprimé en unités SI.
- Certains bureaux de statistiques utilisent le pouvoir calorifique supérieur (PCS).
  - La différence entre le PCN et le PCS est la chaleur latente de la vaporisation de l'eau produite lors de la combustion du combustible.
  - Pour le charbon et le pétrole, le PCN est d'environ 5% de moins que le PCS
  - Pour la plupart des gaz naturels et manufacturés, le PCN est d'environ 10% de moins.
- Lorsque les caractéristiques du combustible (teneur en humidité, hydrogène et oxygène ) sont connues les lignes directrices de 2006 du GIEC donnent une méthode plus précise pour convertir le PCS en données PCN



# Données par défaut du GIEC

	FE de CO2 par défaut (kg/TJ)	Limite inférieure	Limite supérieure	NCV (TJ/Gg)
Coke	107.000	95.700	119.000	28,2
Tourbe	106.000	100.000	108.000	9,76
Lignite	101.000	90.900	115.000	8,9
Anthracite	98.300	94.600	101.000	26,7
Charbon à coke	94.600	87.300	101.000	28,2
Autres charbons bitumineux	94.600	89.500	99.700	25,8
Mazout résiduel	77.400	75.500	78.800	40,4
Gasoil/Diesel	74.100	72.600	74.800	43,0
Essence automobile	69.300	67.500	73.000	44,3
Gaz de pétrole liquéfiés	63.100	61.600	65.600	47,3
Gaz naturel	56.100	54.300	58.300	48,0

# Facteurs d'émission (FE)

- Cette approche FE peut être étendue à d'autres gaz et sources
- Les émissions sont généralement proportionnelles à un paramètre associé au processus :
  - Le  $\text{CO}_2$  provenant du combustible dépend de la teneur en carbone du combustible
  - Le  $\text{CH}_4$  proportionnel à la quantité de combustible brûlé (pour les technologies particulières)
  - Le  $\text{CH}_4$  et le  $\text{N}_2\text{O}$  émis par les voitures sont proportionnels à la distance parcourue (pour chaque type et classe d'âge de véhicule)

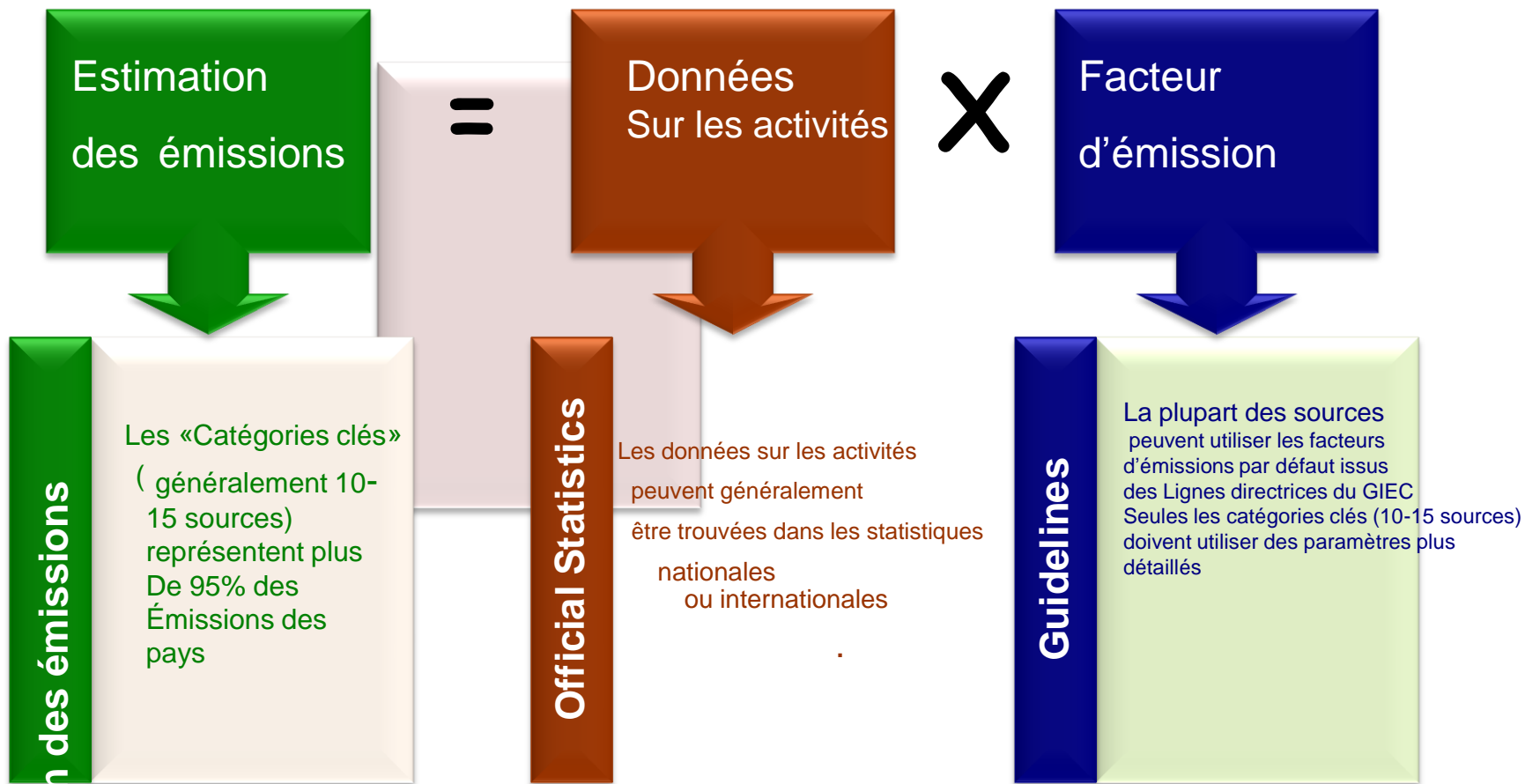
# Combustibles

- ❖ SOLIDES (Houille et produits houillers)
  - ❖ Inc. charbon, coke et gaz dérivés.
- ❖ LIQUIDES (Pétrole brut et produits pétroliers)
  - ❖ Fioul, essence, GPL, éthane et coke de pétrole
- ❖ GAZ (Gaz naturel)
- ❖ AUTRES COMBUSTIBLES FOSSILES
  - ❖ Déchets municipaux (fraction non biomasse) et industriels, huiles résiduelles
- ❖ TOURBE (traitée comme combustible fossile)
- ❖ BIOMASSE
  - ❖ Bois, charbon de bois, biocarburants, fraction biomasse de DSM ( déchets solides municipaux)
    - ❖ Emissions de CO<sub>2</sub> non incluses dans les émissions totales du secteur de l'énergie

# Biomasse

- Les émissions de CO<sub>2</sub> provenant de la combustion de biomasse ne sont pas incluses dans le total national
  - Bien qu'elles soient présentées séparément
  - Les émissions autres que le CO<sub>2</sub> sont incluses dans le total national
- Les émissions nettes de carbone sont comptabilisés dans le secteur de l'UTCATF / AFAT
- La tourbe est traitée comme un combustible fossile

# Méthode de base



# Utilisation du charbon – Afrique – Données 2006 de l'AIE (Unités Originales)

Données: AIE 2009 (<http://www.iea.org/Textbase/stats/index.asp>)

	Charbon à coke	Autres charbons bitumineux	Tourbe	Agglomérés	Gaz de four à coke	Coke de gaz	Gaz d'usine à gaz	Gaz de cokerie	Gaz de haut fourneau
Unité	kT						TJ		
Centrales électriques		124764							
Secteur de l'énergie					18				
Industrie	14	12.921			841	55	86.586	16.763	32.341
Transport		8							
Résidentielle		4.942	4	104			380		
Commerciale et Services publics		2.589					326		
Agriculture / Foresterie		265							
Pêche									
Autres non précisées		397							
Usages non énergétiques		2,220							
cv (TJ/Ga)	28.2	25.8	9.76	20.7	28.2	28.2			

# Utilisation du charbon - Afrique - données 2006 de l'AIE (Energie)

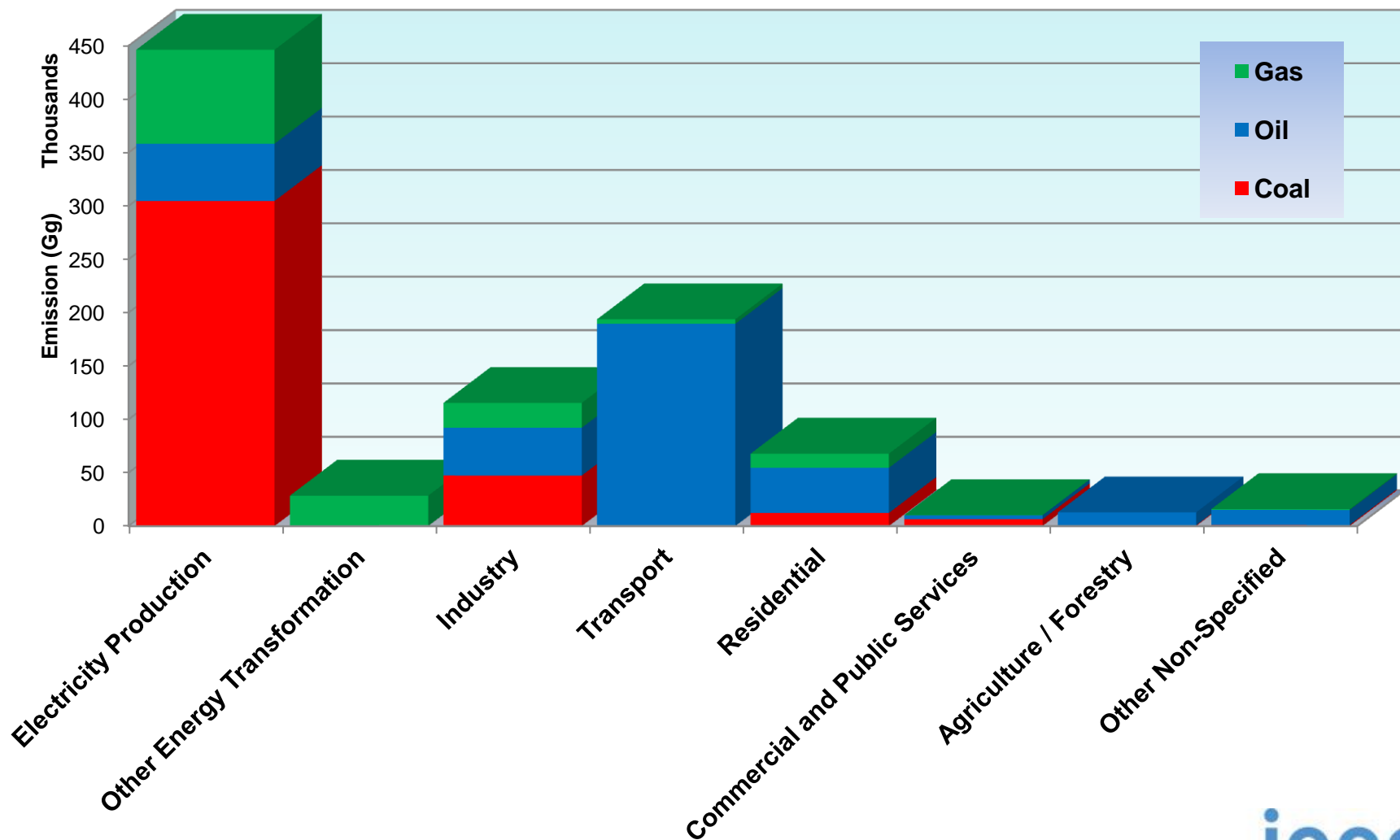
	Charbon à coke	Autres charbons bitumineux	Tourbe	Agglomérés	Gaz de four à coke	Coke de gaz	Gaz d'usine à gaz	Gaz de cokerie	Gaz de haut fourneau
<i>Unité</i>	<i>TJ</i>						<i>TJ</i>		
<i>Centrales électriques</i>	-	3.218.911	-	-	-	-	-	-	-
<i>Secteur de l'énergie</i>	-	-	-	-	508	-	-	-	-
<i>Industrie</i>	395	333.362	-	-	23.716	1.551	86.586	16.763	32.341
<i>Transport</i>	-	206	-	-	-	-	-	-	-
<i>Residentielle</i>	-	127.504	39	2.153	-	-	380	-	-
<i>Commerciale et Services publics</i>	-	66.796	-	-	-	-	326	-	-
<i>Agriculture / Foresterie</i>	-	6.837	-	-	-	-	-	-	-
<i>Pêche</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Autres non précisées</i>	-	10.243	-	-	-	-	-	-	-
<i>Usages non énergétiques</i>	-	57.276	-	-	-	-	-	-	-
<b>Facteurs d'émission</b>	<b>94.600</b>	<b>94.600</b>	<b>106.000</b>	<b>97.500</b>	<b>107.000</b>	<b>107.000</b>	<b>11.100</b>	<b>11.100</b>	<b>360.000</b>

# Utilisation du charbon - Afrique - données 2006 de l'AIE

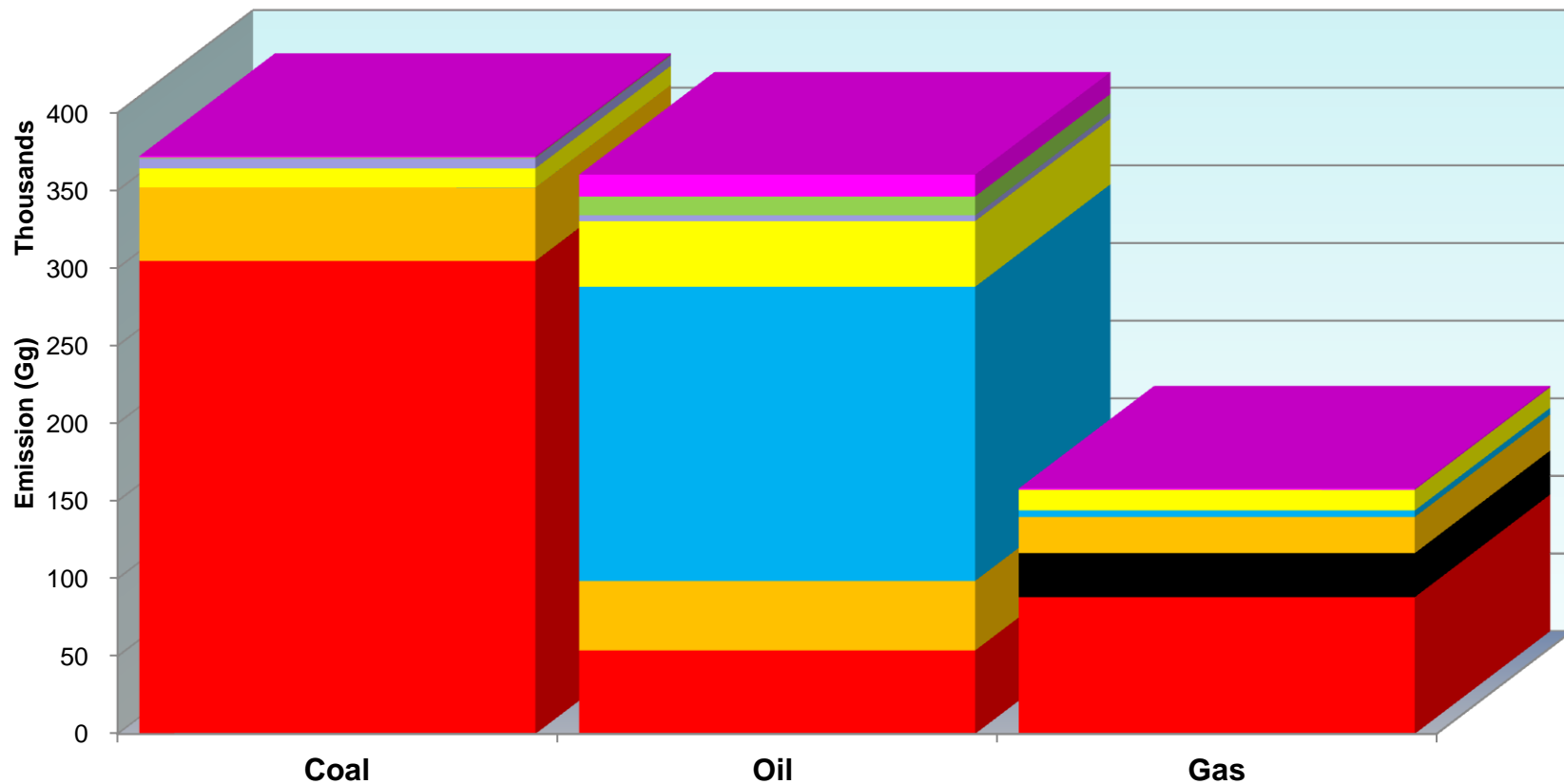
	Charbon à coke	Autres charbons bitumineux	Tourbe	Agglomérés	Gaz de four à coke	Coke de gaz	Gaz d'usine à gaz	Gaz de cokerie	Gaz de haut fourneau
<i>Unité</i>	<i>Gg (ktonne)</i>								
Centrales électriques	-	304.509	-	-	-	-	-	-	-
Secteur de l'énergie	-	-	-	-	54	-	-	-	-
Industrie	37	31.536	-	-	2.538	166	3.844	744	8.409
Transport	-	20	-	-	-	-	-	-	-
Residentielle	-	12.062	4	210	-	-	17	-	-
Commerciale et Services publics	-	6.319	-	-	-	-	14	-	-
Agriculture / Foresterie	-	647	-	-	-	-	-	-	-
Pêche	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Autres non spécifiées	-	969	-	-	-	-	-	-	-
Usages non énergétiques	-	5.418	-	-	-	-	-	-	-
<b>Emissions totales</b>	<b>37</b>	<b>356.061</b>	<b>4</b>	<b>210</b>	<b>2.592</b>	<b>166</b>	<b>3.876</b>	<b>744</b>	<b>8.409</b>



# Emissions de CO<sub>2</sub> africaines -2006



# Emissions de CO<sub>2</sub> africaines -2006



- Other Non-Specified
- Agriculture / Forestry
- Commercial and Public Services
- Residential
- Transport
- Industry
- Other Energy Transformation
- Electricity Production

# Émissions de combustion - Niveaux supérieurs

- ❖ Les facteurs d'émission spécifiques au pays - teneur en carbone - sont nécessaires
- ❖ Il est nécessaire de tenir compte des taux d'oxydation
- ❖ Toute réduction doit être prise en compte
- ❖ Il peut s'avérer nécessaire de stratifier l'utilisation des combustibles par type de réduction et par taux d'oxydation (technologie)
- ❖ Emissions autres que le CO<sub>2</sub> dépendant de la technologie
- ❖ Les mesures sont une approche de niveau 3 - elles pourraient être combinées avec les facteurs d'émission d'approche de niveau 1/2 s'il y a suffisamment de données disponibles

# Approche de référence

- Une méthode de base simple, axée sur les importations, la production et les exportations.
- Essentiellement :

$$Emission = Production + Imports - Exports - NonEnergyUse$$

- Uniquement le CO<sub>2</sub>!
- Utilisée pour vérifier l'approche sectorielle décrite ci-dessus
  - Les différences résultant de l'usage non énergétique de combustible ainsi que la différence de qualité des séries de données

# Usage non énergétique de combustibles

Type d'usages et exemples de combustibles utilisés pour des applications non énergétiques			
Usage	Exemple de type de combustibles	Produit / procédé	Ch
Matières premières	gaz naturel, pétrole, charbon	ammoniac	3,2
	naphta, gaz naturel, éthane, propane, butane, gasoil, fiouls	methanol, olefins (ethylene, propylene), carbon black	3,9
Agent réducteur	coke de pétrole	carbures	3,6
	charbon, coke de pétrole	dioxyde de titane	3,7
	cokes métallurgiques, charbon pulvérisé, gaz naturel	fer et de acier (primaire)	4,2
	cokes métallurgiques	ferro-alliages	4,3
	coke de pétrole, pitch (anodes)	aluminium <sup>1</sup>	4,4
	coke métallurgique, charbon	plomb	4,6
	coke métallurgique, charbon	zinc	4,7
Produit non énergétique	lubrifiants	propriétés lubrifiantes	5,2
	cires de paraffine	misc. (par ex. , bougies, revêtement)	5,3
	bitume (asphalte)	pose de toitures et asphaltage	5,4
	white spirit <sup>2</sup> , quelques aromatiques	comme solvant (peinture, nettoyage à sec)	5,5

# Usage énergétique africain-Bilan énergétique

kilotonne équivalent pétrole (ktep)

Approvisionnement et consommation	Charbon et Tourbe	Pétrole brut	Produits pétroliers	Gaz
Production	141.801	495.846	0	169.668
Importations	7.698	42.879	45.214	4.030
Exportations	-46.879	-401.357	-43.524	-96.473
Soutes maritimes internationales**	0	0	-6.035	0
Variations de stocks	-39	-336	-1.113	0

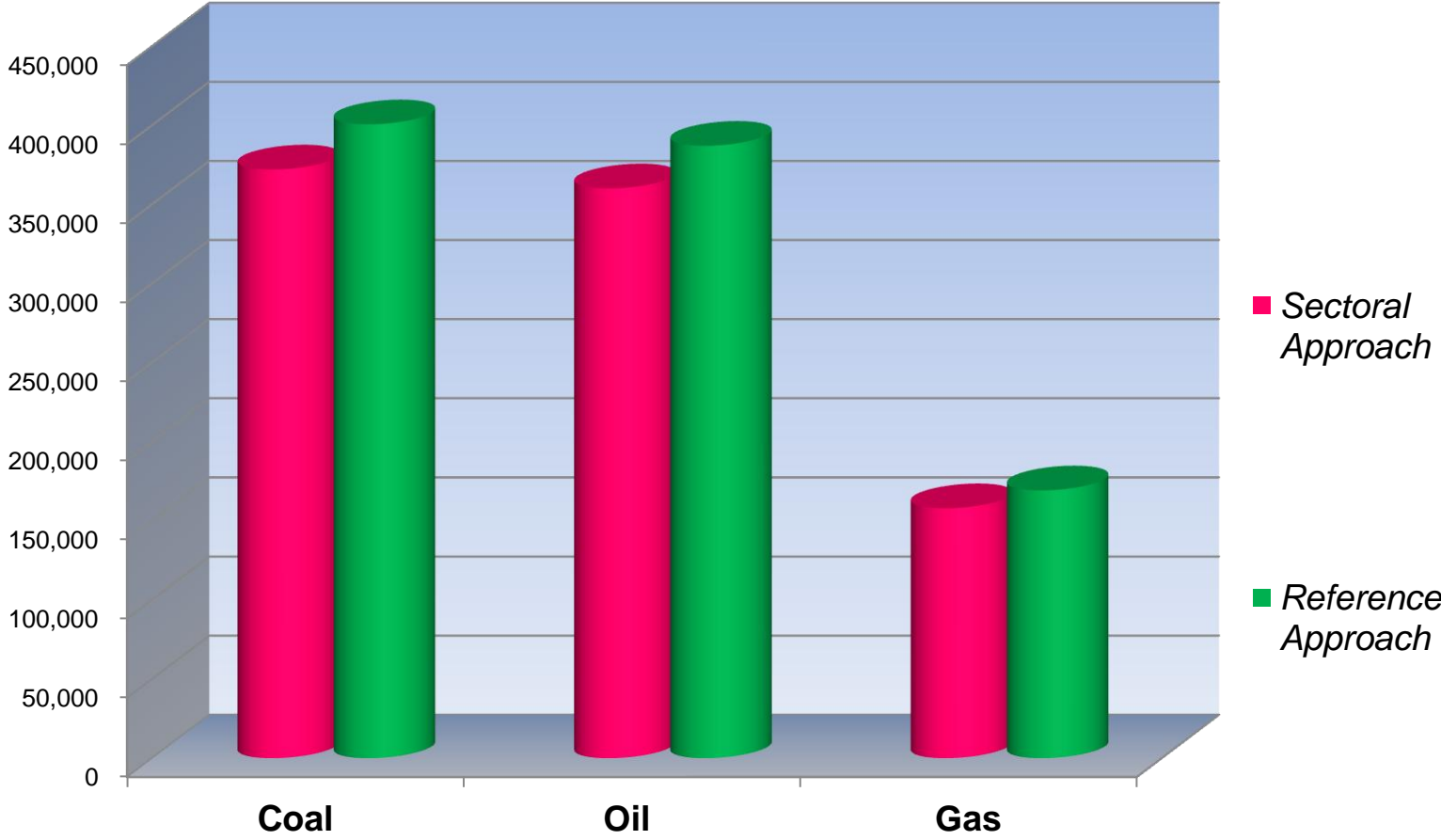
# Emissions énergétiques africaines

OFFRE & CONSOMMATION	Charbon et Tourbe	Pétrole brut	Produits pétroliers	Gaz
Production	5.936.924	20.760.080	0	7.103.660
Importations	322.300	1.795.258	1.893.020	168.728
Exportations	-1.962.730	-16.804.015	-1.822.263	-4.039.132
Soutes maritimes internationales**	0	0	-252.673	0
Variations de stocks	-1.633	-14.068	-46.599	0
<b>Approvisionnement total</b>	<b>4.294.861</b>	<b>5.737.256</b>	<b>-228.516</b>	<b>3.233.256</b>

**Emission totale = 978.092 Gg**

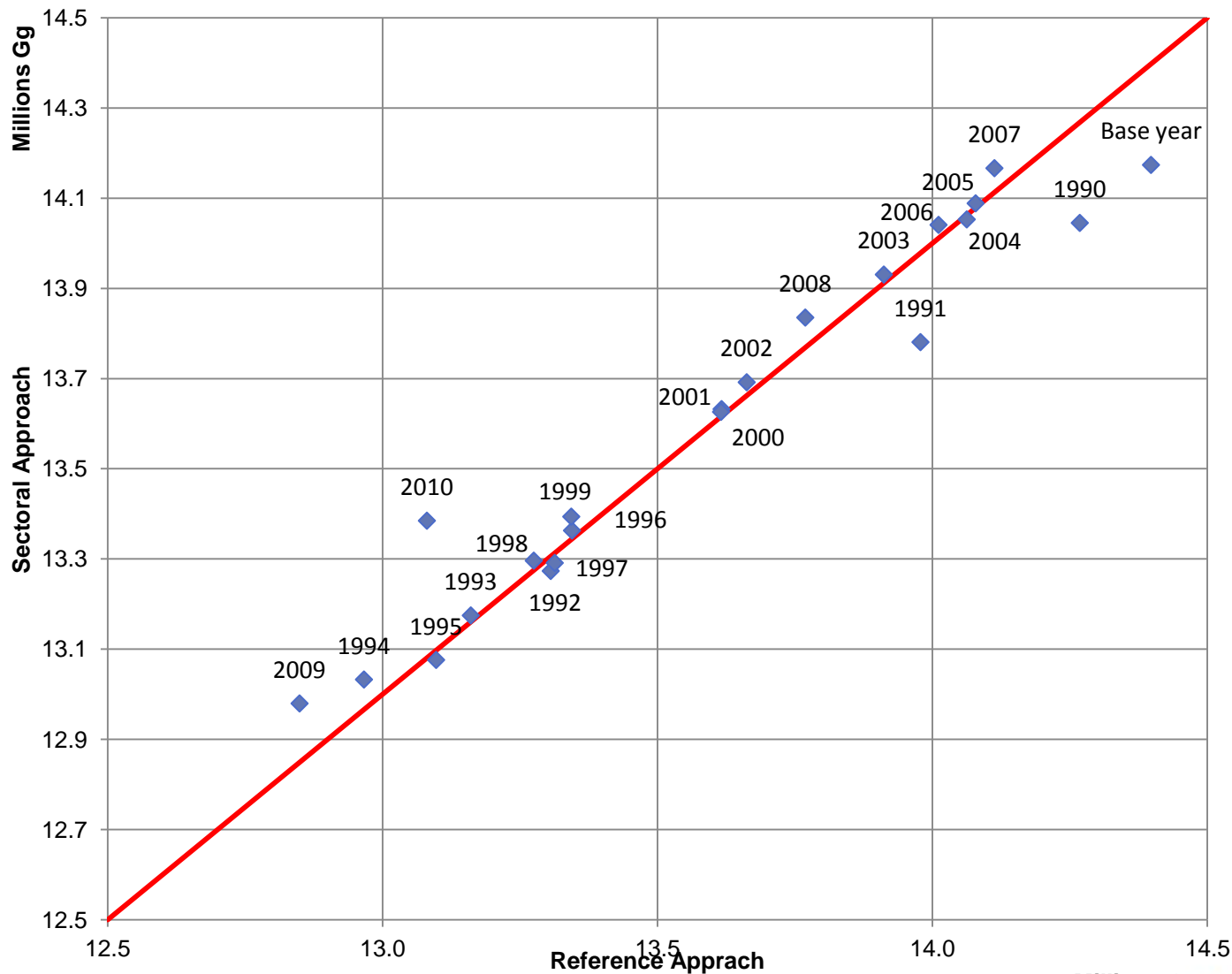
Données: AIE 2009 (<http://www.iea.org/Textbase/stats/index.asp>)

# Emissions de CO<sub>2</sub> Africaines—Estimation des émissions sectorielles et de référence



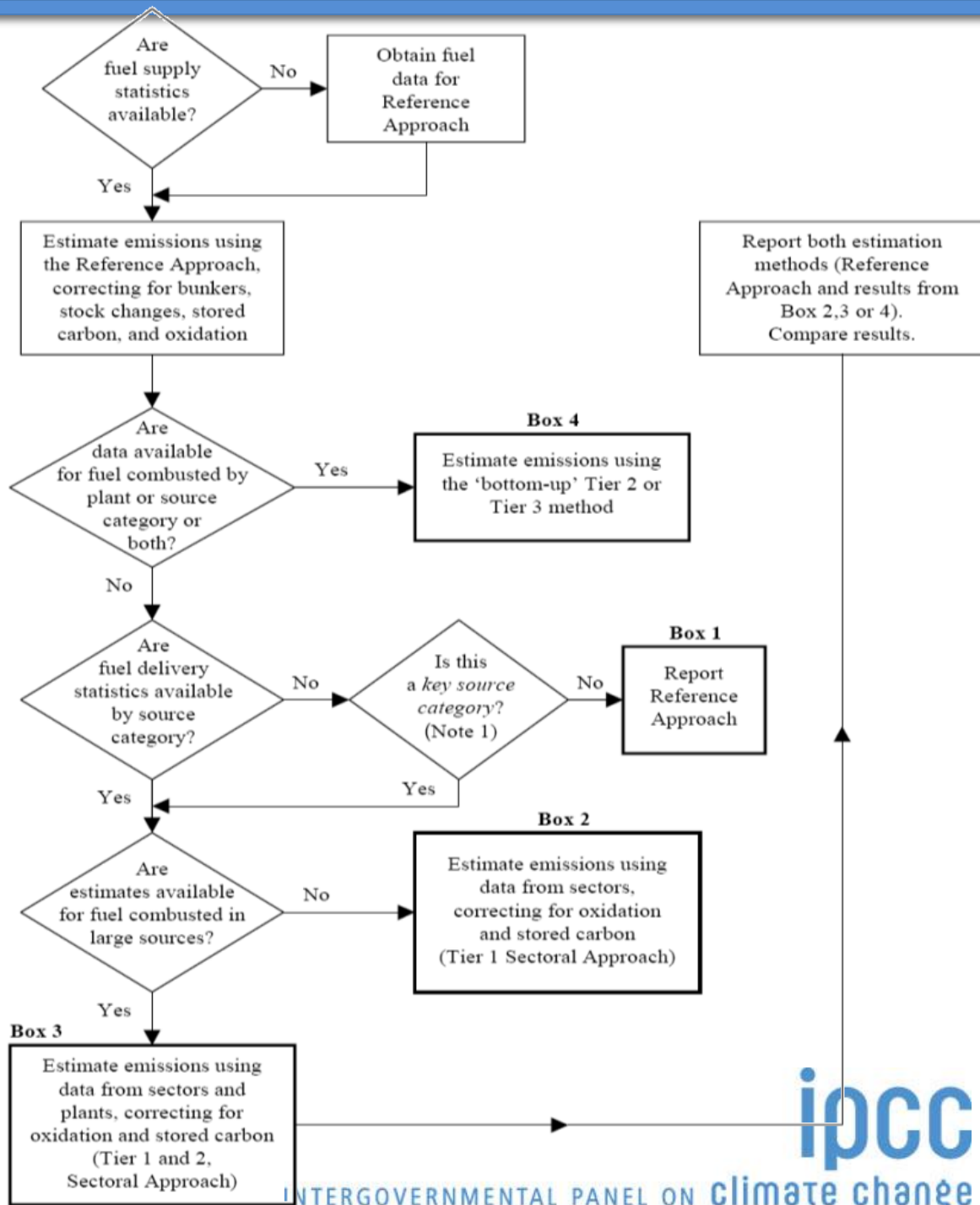


# Comparaison de référence et approches sectorielles – tout l'annexe I



## Diagramme décisionnel GPG 2000

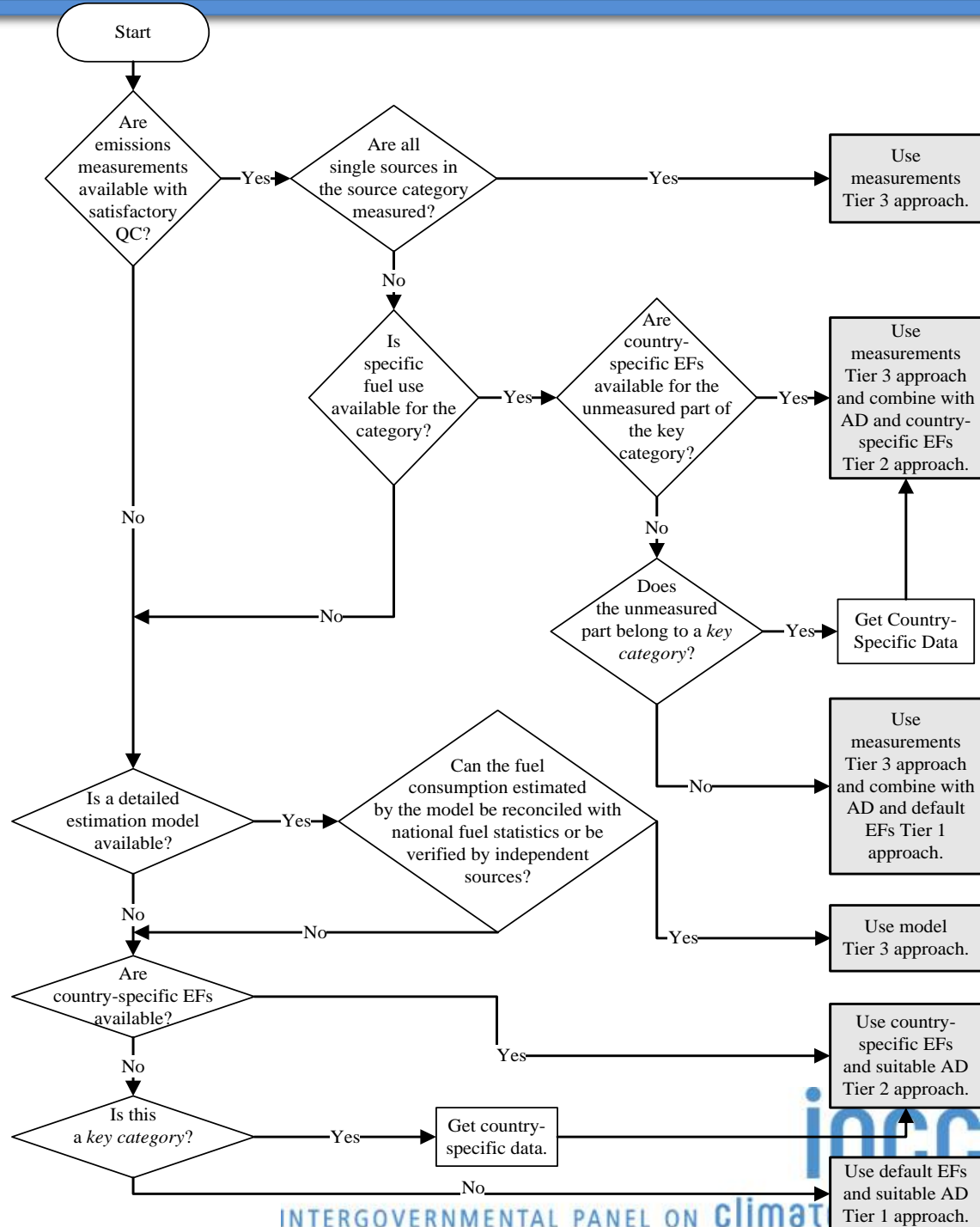
- Si ce n'est pas une catégorie clé, on peut utiliser l'approche de référence
- Seules les méthodes d'estimation sont prises en considération



# Lignes directrices 2006 du GIEC

## Diagramme décisionnel

- Utilise l'approche sectorielle pour tous les niveaux.
- Approche de référence pour l'AQ / CQ
- Aborde les mesures



# Transport routier

- Les émissions de CO<sub>2</sub> provenant de C dans le carburant utilisé
  - Le carbone contenu dans les biocarburants retiré du total et présenté séparément
  - Le carbone est également émis par des catalyseurs à urée et inclus ici (pas strictement la combustion?)

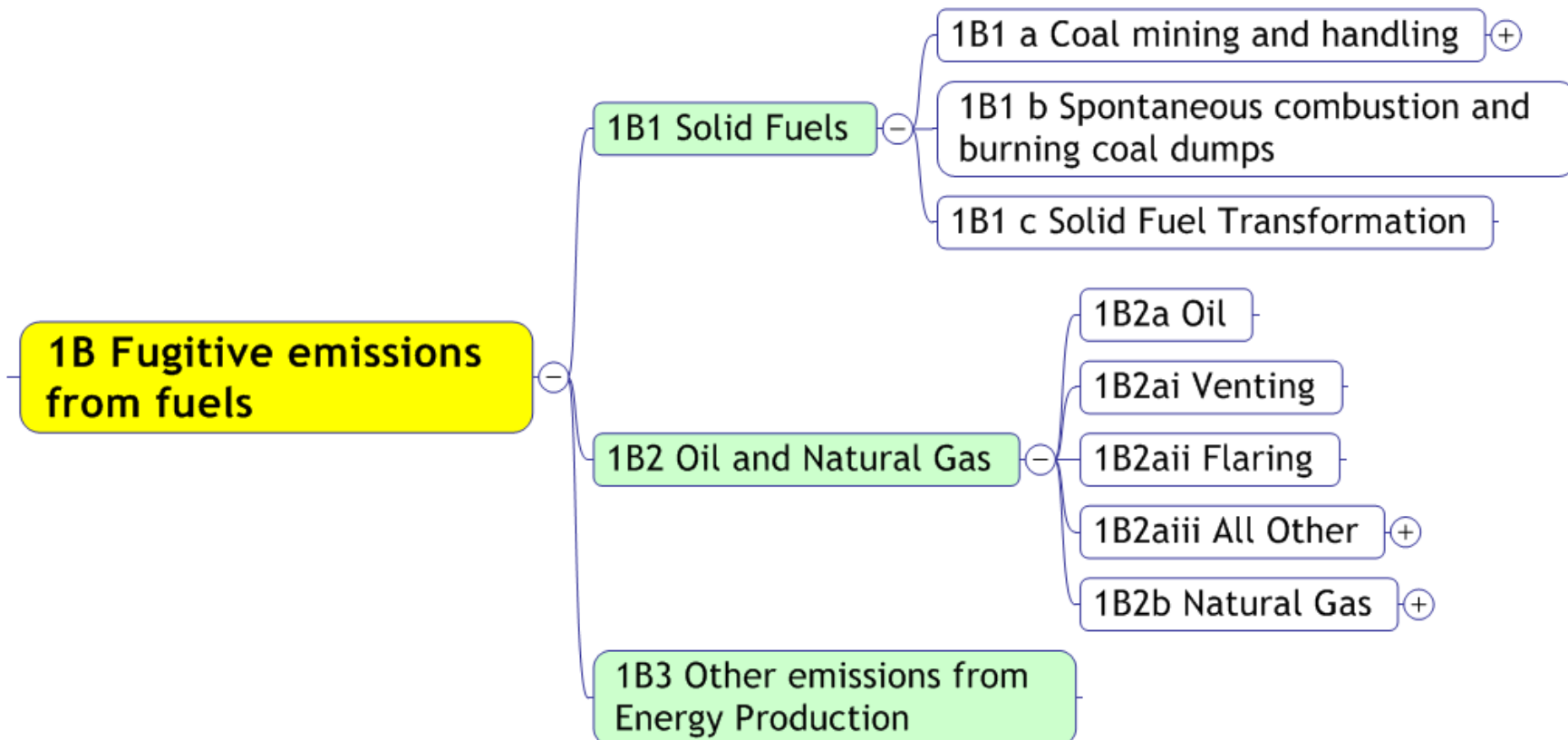
$$Emission = Activity \cdot \frac{12}{60} \cdot Purity \cdot \frac{44}{12}$$

- Le CH<sub>4</sub> et le N<sub>2</sub>O sont grandement liés aux technologies. Aux niveaux supérieurs, il serait nécessaire de connaître les technologies dans le parc existant (en particulier le type et la proportion de catalyseurs)
- Accorder une attention particulière aux données liées au "carburant vendu"
  - Chevauchements avec le secteur du transport hors route et potentiellement avec d'autres secteurs (par ex. l'agriculture)
  - Carburants mélangés (par exemple avec du bioéthanol et des lubrifiants)
  - Contrebande
- Y compris tout le carburant vendu dans le pays - même dans les cas où le carburant est exporté à partir des réservoirs de carburant des véhicules et utilisé ailleurs

# Aviation et Navigation

- Aviation et Navigation
  - Les émissions domestiques incluses dans le total national
  - Les émissions internationales signalées séparément "carburants de soute"
  - Les voyages intérieurs sont des étapes de voyages entre différents points dans un pays
  - Les voyages internationaux sont des voyages entre pays

# Emissions fugitives



# Emissions fugitives

- ***Les émissions fugitives*** sont des émissions de gaz ou de vapeur d'équipement dues aux fuites et autres rejets non intentionnels ou irréguliers de gaz, pour la plupart provenant des activités liées à la production et à la distribution de combustibles fossiles
  - Y compris les fuites provenant de matériels sous pression, de l'évaporation et du déplacement de vapeur, et des rejets accidentels
- Importantes émissions de CH<sub>4</sub> imputables aux
  - Mines de charbon
  - Fuites provenant des raffineries
  - Pipelines de distribution de gaz
- Méthodes de facteurs d'émissions simples de niveau 1
- Les niveaux supérieurs ont besoin de plus de détails sur les technologies et l'âge des centrales / mines etc.

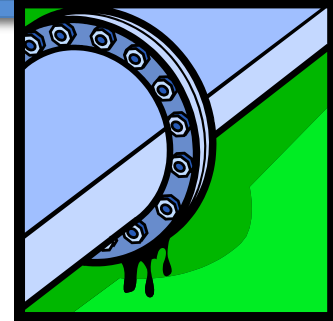
# Mines de charbon



- Les émissions provenant
  - des émissions dues à l'exploitation des mines, du gaz libéré par le bris de charbon lors des opérations d'extraction. Cela pourrait être récupéré ( par sécurité) et brûlé ou utilisé à des fins énergétiques. Les émissions pourraient continuer après la fermeture des mines.
  - des émissions post-exploitation, des émissions durant le traitement, la manipulation et le transport
  - de l'oxydation à basse température car le charbon, une fois exposé à l'oxygène dans l'air, s'oxyde lentement et produit du CO<sub>2</sub>
  - de la combustion incontrôlée, l'oxydation peut entraîner un feu actif dans le stockage de charbon ou les veines de charbon exposées. Cela peut se produire naturellement.
- Les émissions dues à l'exploitation minière diffèrent dans les mines souterraines et de surface.
- Les facteurs d'émission simples sont fournis pour le niveau 1, mais ceux-ci étant très spécifiques au site, pour avoir de meilleures estimations, il est nécessaire d'avoir des données spécifiques à chaque pays.

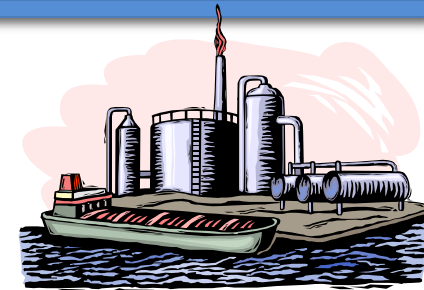


# Pétrole et gaz



- Les émissions fugitives intègrent toutes les émissions imputables aux systèmes de pétrole et de gaz SAUF celles provenant de l'utilisation du pétrole et du gaz à des fins énergétiques ou comme matière première.
- Cela couvre tout, depuis le puits de pétrole jusqu'au consommateur :
  - L'exploration
  - La production
  - La collecte
  - Le traitement et le raffinage
  - La distribution
- inclut les fuites des équipements, les pertes par évaporation, la ventilation, le brûlage à la torche et les rejets accidentels.

# Emissions fugitives de gaz



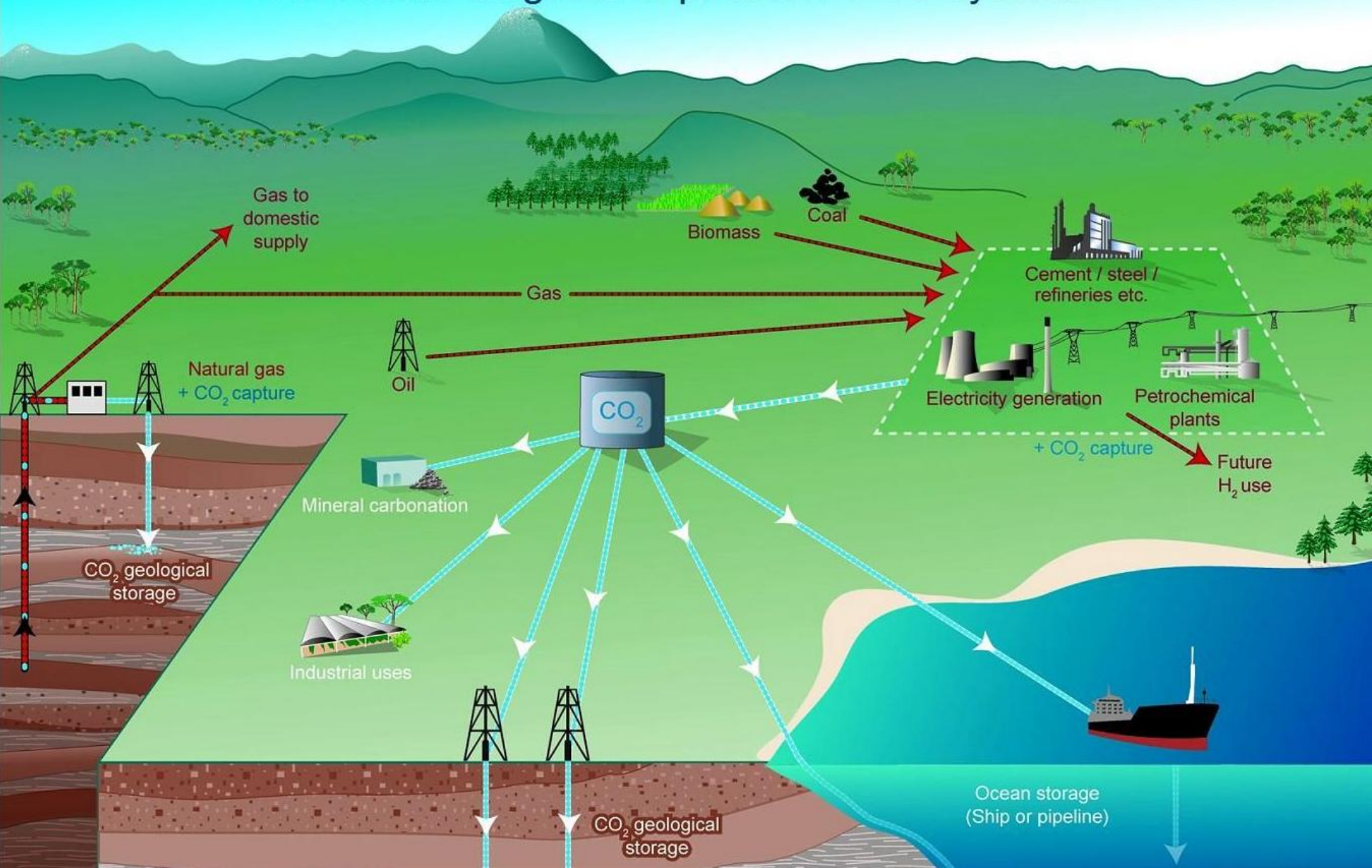
- Le CO<sub>2</sub> peut être contenu dans le pétrole ou le gaz extrait à partir du réservoir
- Le CH<sub>4</sub> peut être directement libéré
  - Par ex. les fuites de gaz naturel
- Le CO<sub>2</sub> peut être formé à partir des rejets de CH<sub>4</sub>
  - le CH<sub>4</sub> qui échappe des pipelines de distribution est transformé en CO<sub>2</sub> avant qu'il n'atteigne l'atmosphère
- Le CO<sub>2</sub>, le CH<sub>4</sub> et le N<sub>2</sub>O peuvent également être formés lors de la combustion de l'énergie non-utile
  - par ex. le brûlage à la torche
- Les FE de niveau 1 général (pour les pays en développement et les pays développés) sont disponibles,
  - Ils sont basés sur les quantités produites, traitées ou distribuées
- Aux niveaux supérieurs, il serait nécessaire d'avoir des connaissances détaillées du système.
  - Les FE spécifiques au pays devront être mis au point sur la base des mesures

# Sources prises en considération

- Forage et essais des puits, préparation des puits, production de gaz
- Traitement de gaz (usines de gaz adouci, usines de gaz acide, usines d'extraction de coupes lourdes (usines de traitement secondaire))
- Transmission et stockage de gaz
  - Distribution de gaz, transport des liquides de gaz naturel (condensat, gaz de pétrole liquéfié, pétrole conventionnel, pétrole lourd / bitume froid)
- Production thermique pétrolière (par défaut, brute synthétique issu des sables pétrolifères et des schistes bitumineux)
- Transport du pétrole (Pipelines, camions citernes et véhicules de chemin de fer, chargement de la production en mer sur les pétroliers)
- Raffinage et valorisation du pétrole
- Distribution de produit raffiné (Essence, diesel, carburant aviation, kérosène pour carburacteur)

# Transport, injection et stockage géologique du CO<sub>2</sub>

Schematic diagram of possible CCS systems



# CCS (Capture et stockage du dioxyde de carbone)



## Pas de CCS

- Les émissions dépendent de la teneur en carbone du combustible brûlé

## Avec CCS

- Émissions égales, teneur en carbone du combustible brûlé, moins mesure C dans la capture du CO<sub>2</sub>
- Du combustible supplémentaire pourrait être brûlé avec la capture d'énergie

## Transport

- Par pipeline ou par navire, etc.
- Inclut le stockage intermédiaire.
- Des fuites pourraient se produire

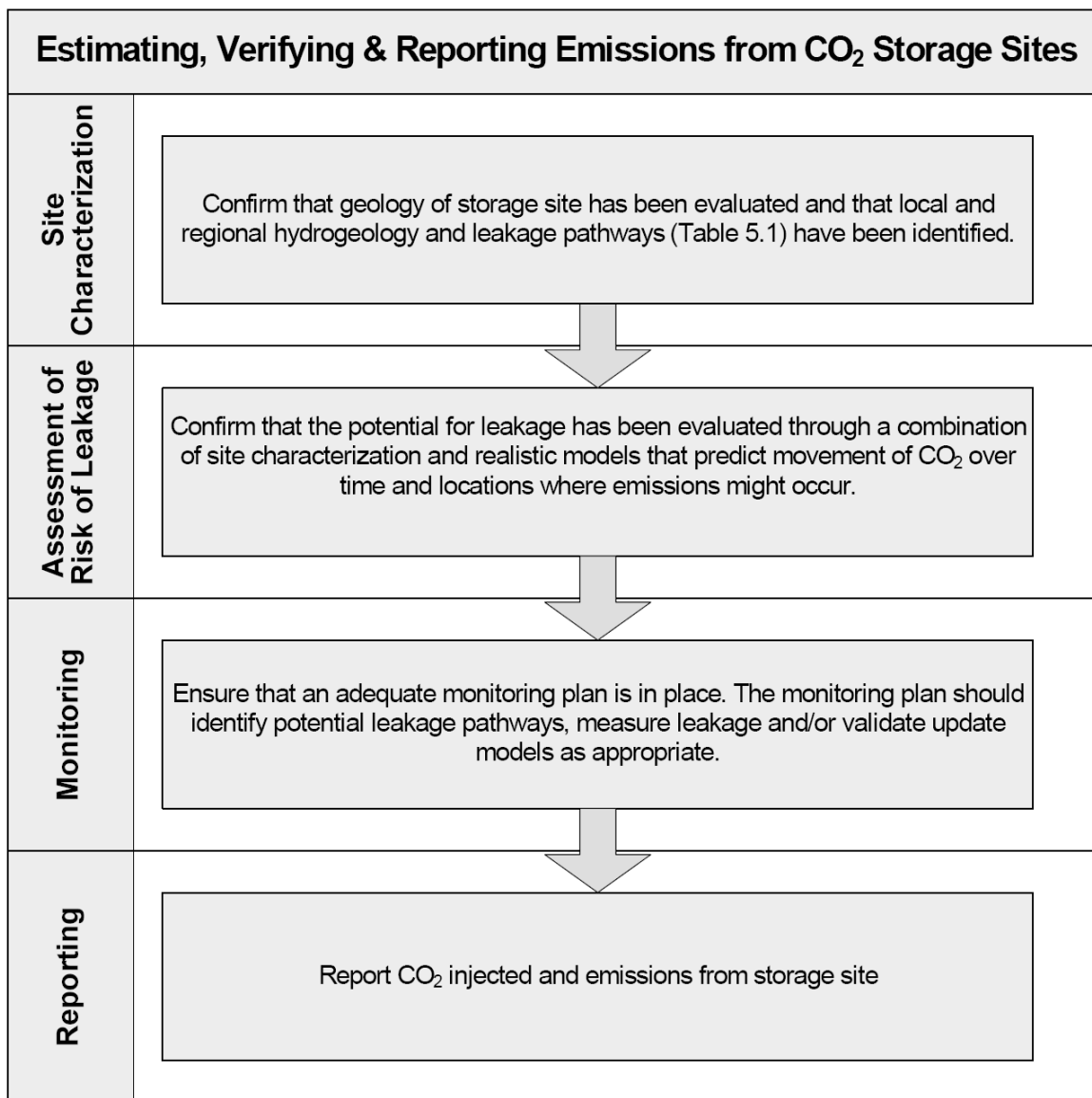
## Injection

- Des fuites pourraient se produire au moment de l'injection du CO<sub>2</sub> au lieu de stockage final

## Stockage

- Contrôler toute fuite potentielle
- Procéder à la mesure, au contrôle et à la modélisation avant et pendant le stockage afin de s'assurer qu'il n'y a aucune fuite
- Assurer un contrôle régulier afin de détecter toute fuite

# CO<sub>2</sub> – Fuite provenant du site de stockage



1. Quels gaz sont émis par le secteur de l'énergie?
2. Quel est le principal GES du secteur de l'énergie?
3. Quel est le principal gaz émis par les émissions fugitives?
4. Quel est le principal paramètre requis pour l'estimation des émissions de CO<sub>2</sub>?
5. Comment est estimé le facteur d'émission de CO<sub>2</sub>?
6. Qu'entend-on par « émissions fugitives »?
7. Qu'est-ce qu'un « facteur d'oxydation »?
8. Quelle est la différence entre les approches sectorielles et de référence?
9. Peut-on utiliser l'approche de référence pour tous les GES?
10. Pouvez-vous citer les sources d'émissions fugitives de CO<sub>2</sub>?

## Examen

# Résumé

- Les émissions énergétiques sont généralement les plus importantes
  - Le CO<sub>2</sub> provenant de la combustion de combustible est la principale source
  - Le CH<sub>4</sub> provient principalement des émissions fugitives
- Le facteur d'émission de CO<sub>2</sub> dépend de la teneur en carbone du combustible.
- L'approche de référence est utilisée pour vérifier





**Merci de votre attention!**