

Effacité Energétique



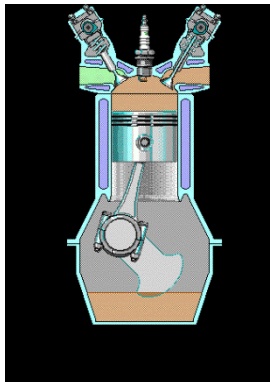
Dans l'univers, l'énergie se transforme : elle « vit », puis « meurt » en chaleur...



F1 : Energie dans l'industrie

1. Introduction au concept de l'énergie
2. Notions d'énergie, ordre de grandeur, rendement et efficacité énergétique
3. Energie et changements climatiques
4. Situation énergétique au Maroc et dans les industries de transformation
5. Maitrise de l'énergie
6. Les sources d'énergie
7. La transformation de l'énergie et son utilisation dans l'industrie
8. Les énergies renouvelables dans l'industrie
9. La cogénération

Introduction au concept d'énergie





giz
Deutsche Gesellschaft
für Internationale
Zusammenarbeit (GIZ) GmbH



Qu'est-ce que l'énergie ?

- ▶ **Définition** : l'énergie est généralement définie comme la capacité d'un système à réaliser un travail. La quantité d'énergie que possède un système représente la quantité de travail qu'il peut réaliser.

NOTION D'ENERGIE

► Il existe 3 unités d'énergie :

- Le **Joule (J)**,
- Le **kilowattheure (kW.h)**,
- La **calorie (cal)**

Conversion : 1kW.h = 3600 kJ

1 cal = 4.18 J

Ordres de grandeur :



Principe de conservation:

- ▶ Quel que soit la conversion opérée, il y a conservation de l'énergie :
énergie entrante = énergie sortante.
- ▶ Cependant, une partie sera systématiquement convertie en chaleur, on considère que la chaleur est une forme « non noble » de l'énergie.

Puissance et énergie

Pour retourner un carré de jardin afin d'y faire vos plantations, vous avez 3 possibilités :

Utiliser une bêche et vos muscles, utiliser un motoculteur ou encore utiliser un tracteur et une charrue.

On comprend aisément que le **travail** sera fait plus rapidement avec le motoculteur qu'avec vos seuls muscles et encore plus vite si vous utilisez un tracteur...



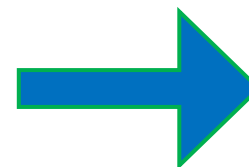
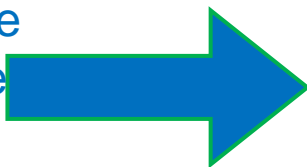
- ▶ La différence entre ces trois moyens est la **puissance** : **Le motoculteur est plus puissant que vos muscles et le tracteur plus puissant que le motoculteur.**
- ▶ **Définition :**
- ▶ *La puissance est l'énergie fournie d'un système à un autre par unité de temps.*
- ▶ ***La puissance correspond donc à un débit d'énergie** : deux systèmes de puissance différente pourront fournir le même travail (la même énergie), mais le système le plus puissant sera le plus rapide.*

La puissance devrait donc s'exprimer en **Joules/seconde** ou en **kWh/h**
Par simplification l'unité de puissance est donc le **Watt (W)** $1W=1J/s$
On peut aussi exprimer la puissance en **Chevaux vapeur (HP)** $1HP=736 W$

Rendement et efficacité énergétique.

Le rendement est le ratio entre l'énergie absorbée et l'énergie restituée par un convertisseur d'énergie.

Puissance
électrique
absorbée



Puissance
mécanique
restituée

**Le rendement est un
nombre sans dimension.
Il est compris entre 0 et
100%.**

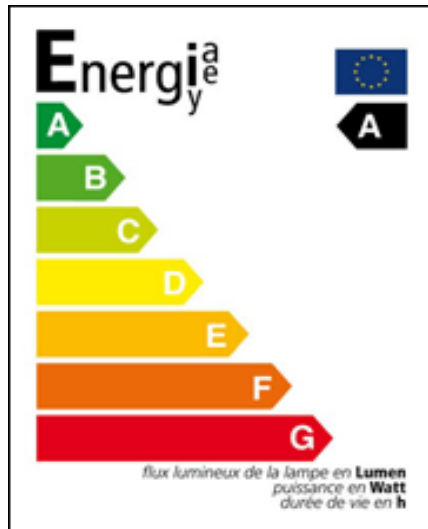


Puissance
perdue
(chaleur)

Rendement et efficacité énergétique.

L'efficacité énergétique rend compte de l'énergie nécessaire pour rendre un service donné.

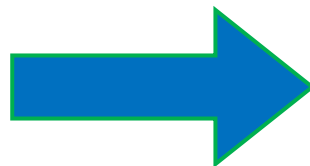
Exemple, l'efficacité lumineuse d'une lampe



Flux lumineux émis en Lumens

Efficacité lumineuse en lumens par watts

Puissance électrique absorbée
En Watt





giz Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH



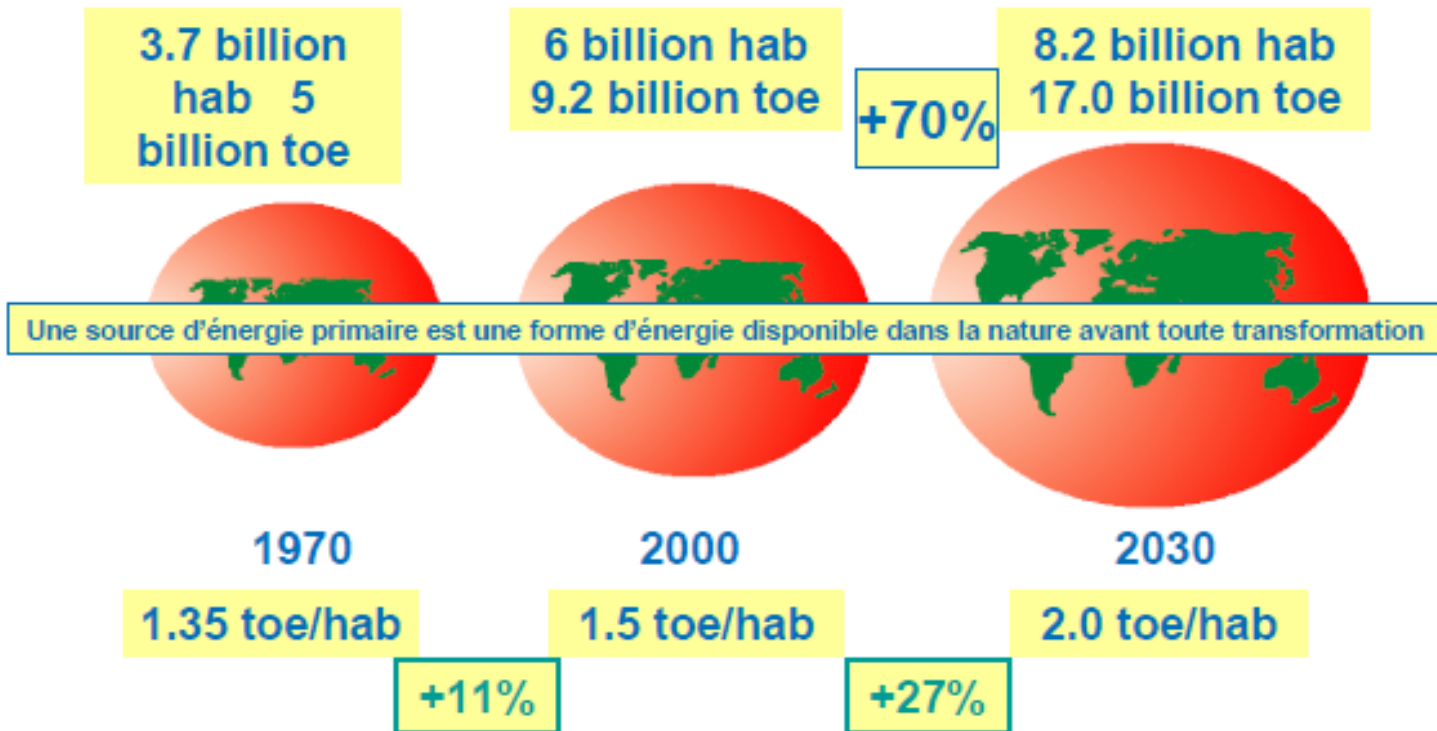
Les problèmes concernant l'énergie

- ▶ Emissions provenant de la production d'énergie à partir de combustibles fossiles
- ▶ Réchauffement climatique
- ▶ Pollution

Le meilleur moyen de réduire les dégâts que subit notre planète est de mettre en œuvre des mesures pour développer les énergies renouvelables et améliorer les rendements énergétiques.

La demande globale : prévisions de croissance

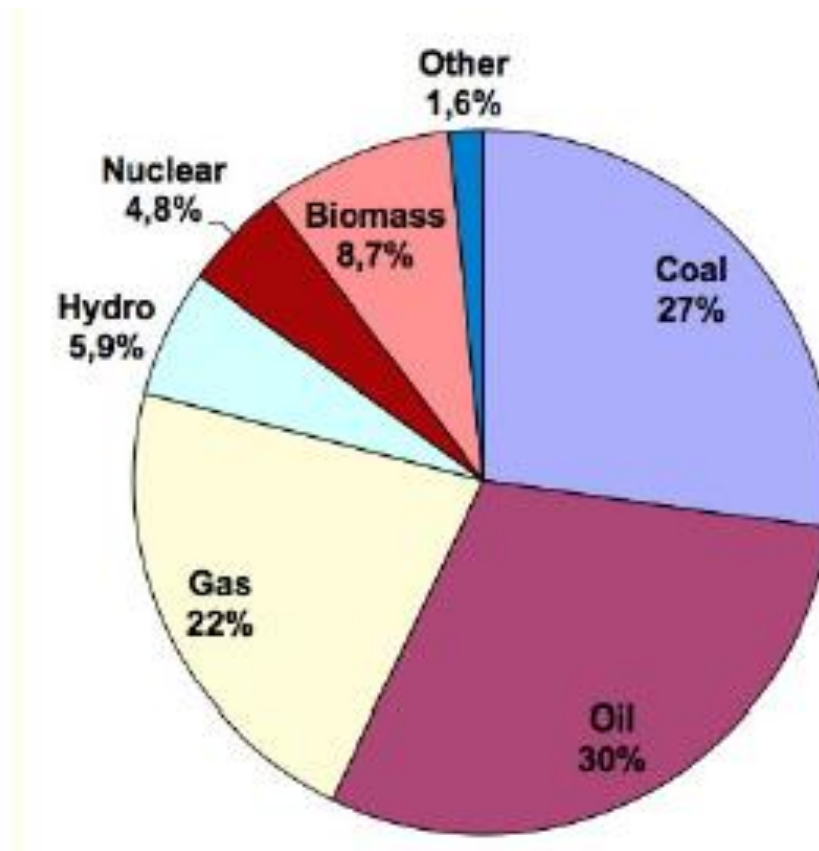
Rappel : croissance de la demande mondiale d'énergie primaire



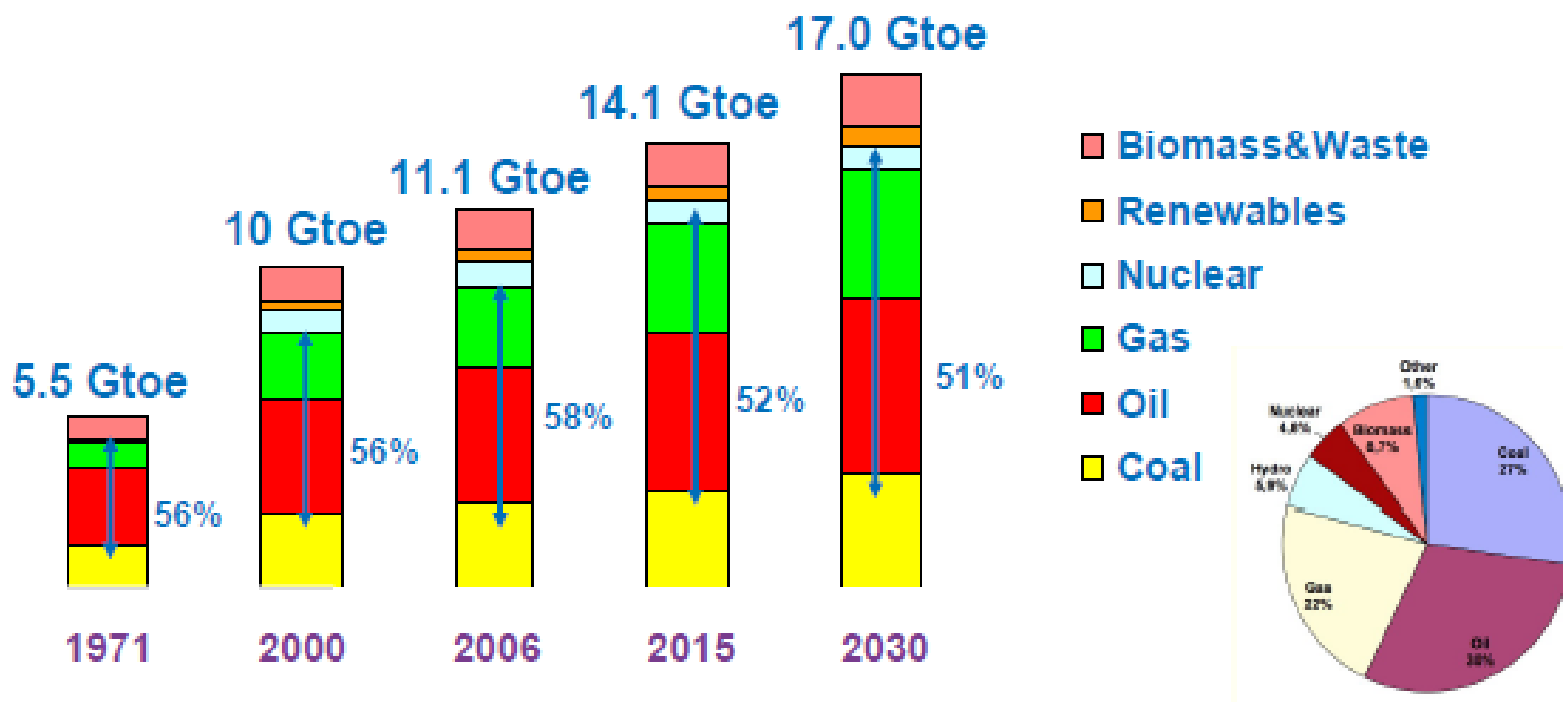
Sources : IEA/BP stat review

TOE = 44 ,868 GJ ou 12 463 kWh: PCI d'une tonne de pétrole

Part de chaque source d'énergie dans l'approvisionnement énergétique "primaire" de la planète en 2010



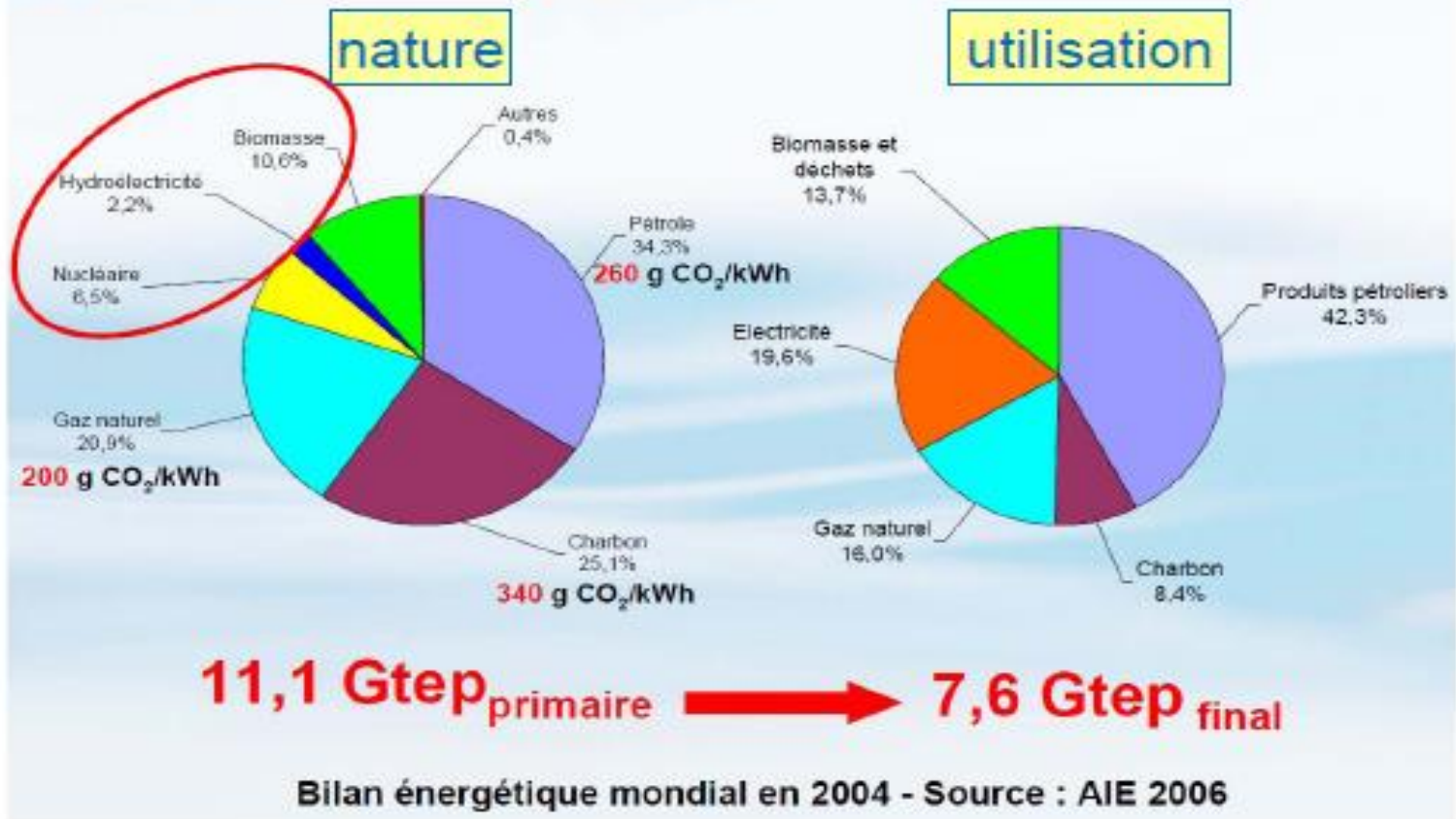
La demande par type d'énergie primaire



Source IEA **2000 – 2030: + 70%**

La demande : notion d'énergie finale

Transformation de l'énergie primaire



La demande : les usages

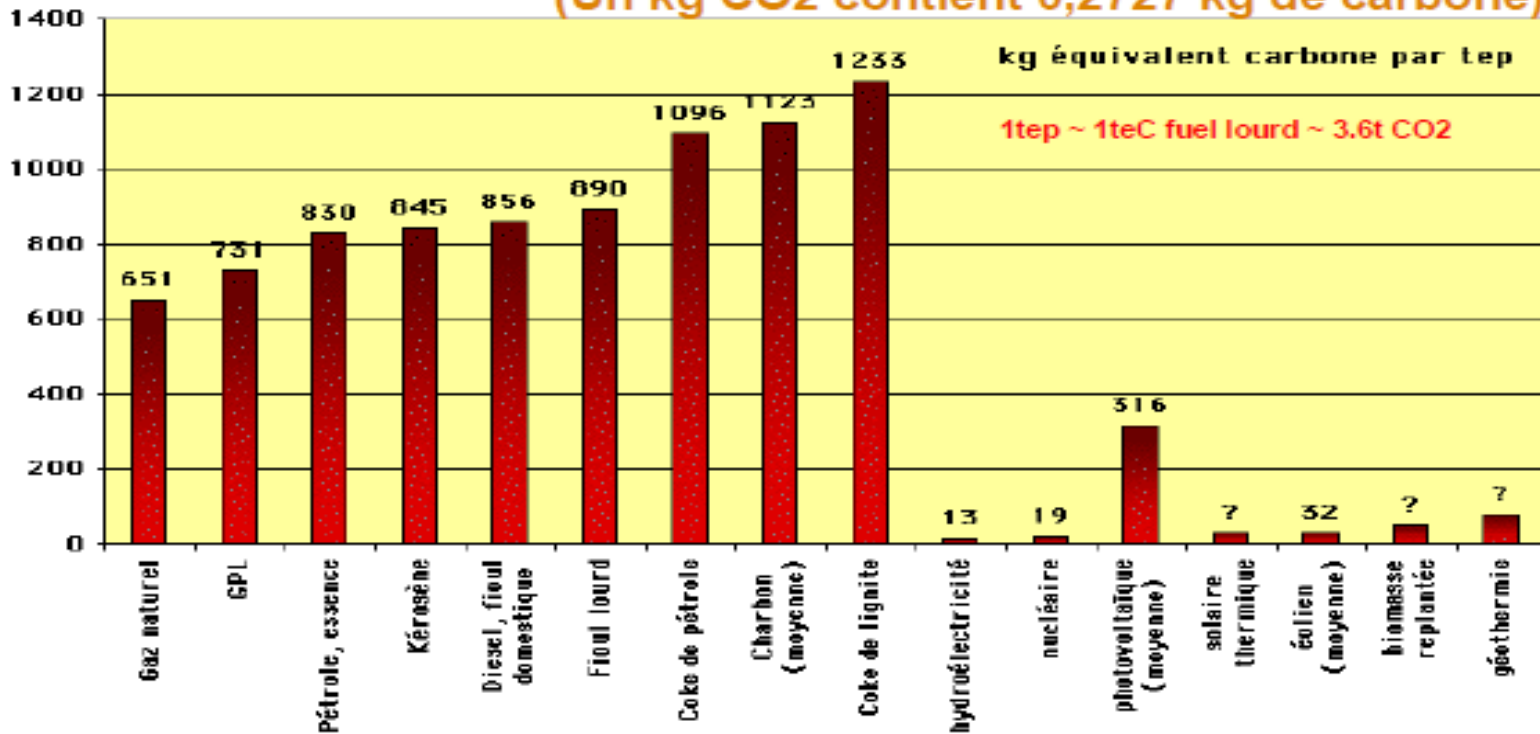
Utilisation de l'énergie dans le monde



De l'énergie au CO2

Empreinte carbone

(Un kg CO2 contient 0,2727 kg de carbone)



De l'énergie au CO₂ : cas de l'électricité

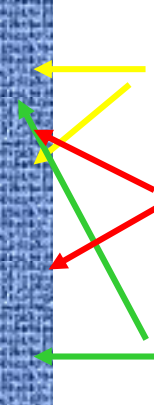
Empreinte carbone

Emissions en CO ₂ des différentes filières de production d'électricité								
Modes de production	1 kWh Hydraulique	1 kWh Nucléaire	1 kWh Eolien	1 kWh Photo-voltaïque	1 kWh Cycle combiné	1 kWh Gaz naturel (TAC pointe)	1 kWh Fuel	1 kWh Charbon
Emissions de CO ₂ par kWh (en grammes)	4	6	3 à 22	60 à 150	427	883	891	978

La pollution

Émissions kg/10³Joules d 'énergie

	gaz	pétrole	charbon
NO _x	43	142	354
SO ₂	0,3	430	731
CO ₂	-	+20%	+50%
Particules	2	36	1333



Pluies acides

GES

smog



giz Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH



Situation de l'énergie au Maroc

- ▶ Au Maroc, le secteur de l'énergie, moteur du développement en général, est identifié comme une lourde contrainte au développement des entreprises, de la croissance et de l'emploi.
- ▶ Le poste énergie représente en moyenne 25 à 30 % des coûts de productions de l'industrie marocaine; ce qui est 2 x plus cher que les moyennes Asiatiques.



giz Deutsche Gesellschaft
für Internationale
Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

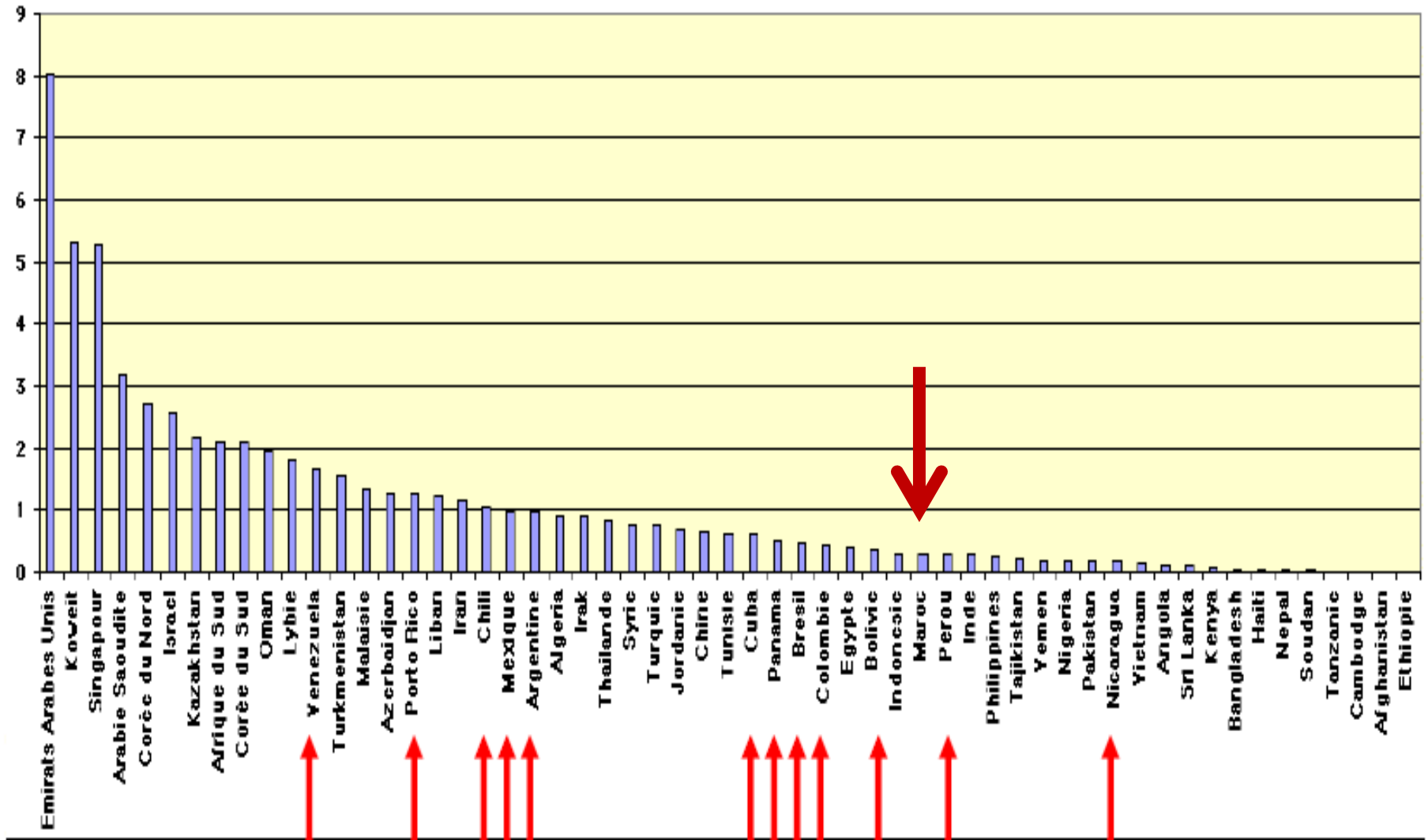


**BUREAU
VERITAS**

Vision pour une maîtrise de l'énergie

- ▶ un usage plus rationnel de l'énergie –arrêter les gaspillages
- ▶ atténuer le changement climatique (Kyoto)
- ▶ renforcer la disponibilité de l'énergie produite pour d'autres usagers.
- ▶ Améliorer la compétitivité des entreprises

Emissions de CO2 seul en teC par habitant et par an : pays émergents





giz Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH



BUREAU
VERITAS

Emissions anthropiques de CO₂

Industrie

Une aciérie-type produisant **1Mt d'acier** par an émet en moyenne :

- **1,8 Mt CO₂/an pour une aciérie de la filière classique** (1,8 t CO₂ par tonne d'acier)².
- **0,5 Mt CO₂/an pour une aciérie de la filière électrique** (refonte de déchets) (0,5 t CO₂ par tonne d'acier correspondant aux émissions indirectes dues à l'électricité)².

Parmi les autres industries émettrices de CO₂ :

- **0,35 Mt CO₂/an sont produites par une cimenterie-type** produisant 500 000 t/an (0,7 t CO₂ par tonne de ciment)⁴.
- **0,09 Mt CO₂/an sont émises par une verrerie-type** produisant 150 000 t/an (0,6 t CO₂ par tonne de verre)⁵.



giz Deutsche Gesellschaft
für Internationale
Zusammenarbeit (GIZ) GmbH



LES SOURCES D'ENERGIE

Objectif d'apprentissage :

les principales sources d'énergie, renouvelables et non renouvelables ;

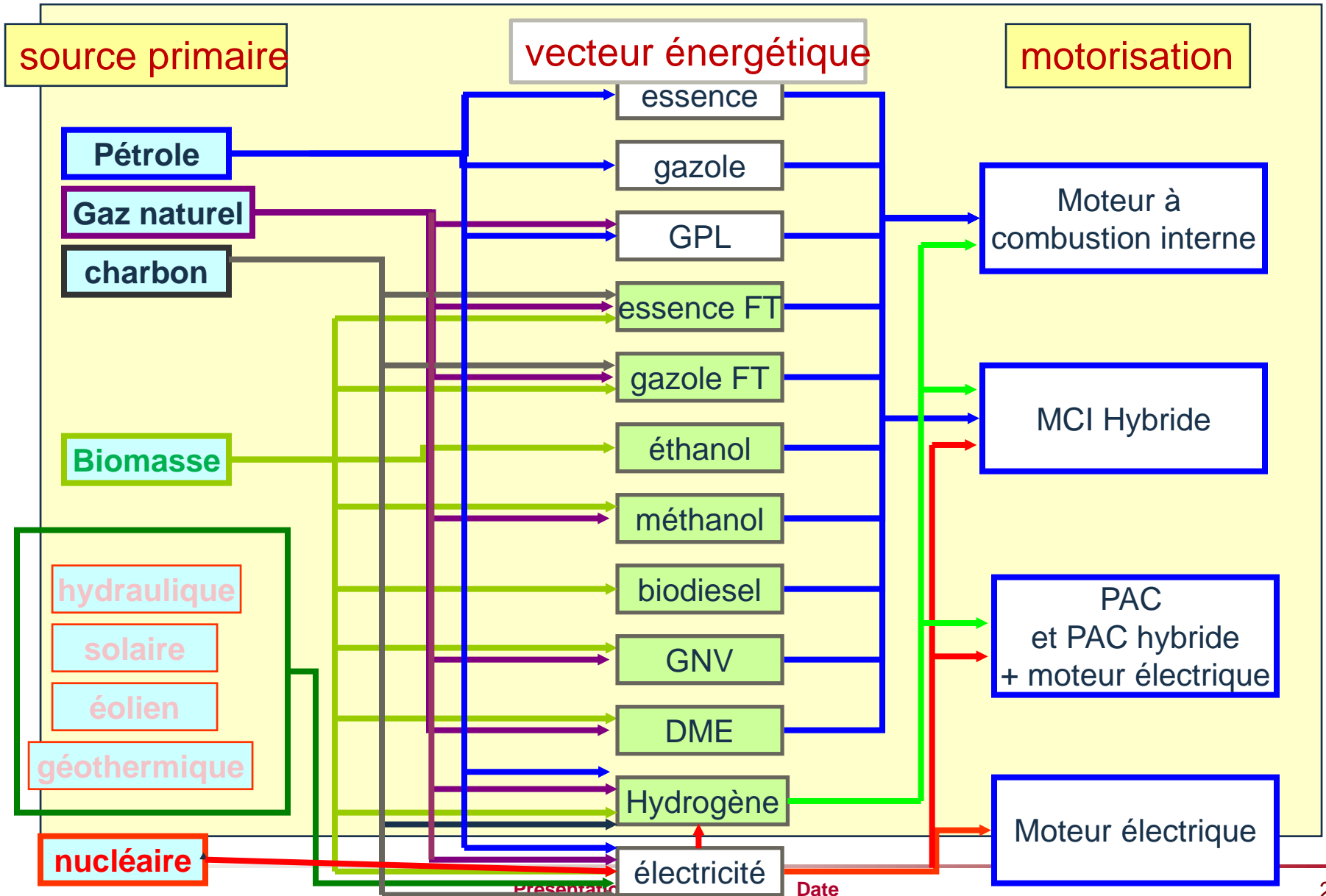
l'augmentation de l'utilisation des énergies renouvelables.



Différentes formes d'énergie

- ▶ Chimique
- ▶ Nucléaire
- ▶ De rayonnement
- ▶ Électrique
- ▶ Thermique
- ▶ Sonore
- ▶ Marémotrice
- ▶ Géothermique
- ▶ Hydro-électrique
- ▶ Magnétique
- ▶ Éolienne
- ▶ De la biomasse

Les différentes filières énergétiques



Les énergies renouvelables

Leurs sources d'énergie se renouvellent assez rapidement. Elles sont considérées comme inépuisables à l'échelle de l'homme. Ces énergies ont leurs sources dans des phénomènes naturels réguliers. Les moyens pour les capter sont chers

**Énergie
solaire**

**Énergie
éolienne**

**Énergie
géothermique
(géothermie)**

**Énergie
hydraulique**

Les énergies non-renouvelables

Leurs sources d'énergie sont limitées dans la planète, elles ne se renouvellent pas assez rapidement voire ne se renouvellent plus.

Elles sont bien implantées et permettent des tarifs bas, mais renforcent l'effet de serre

Énergie
nucléaire

e

Charbon

Gaz
Naturel

Pétrole

Utilisation des énergies renouvelables dans l'industrie

► Hydroélectricité (pompage)



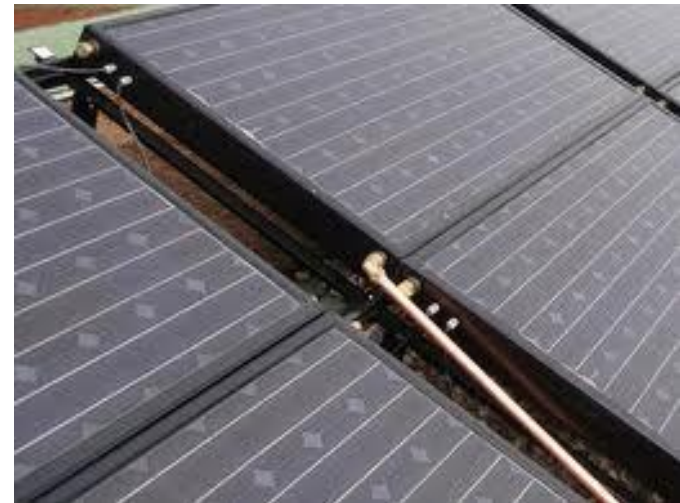
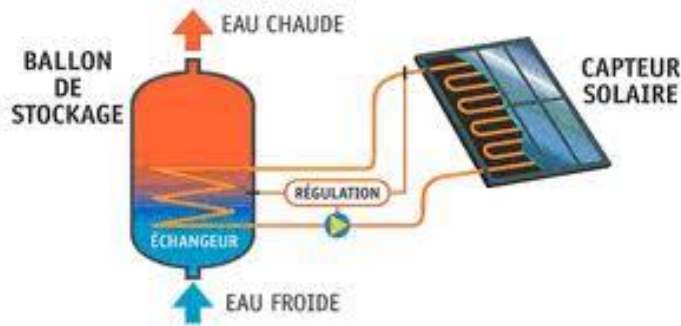
Utilisation des énergies renouvelables dans l'industrie

► L'énergie éolienne

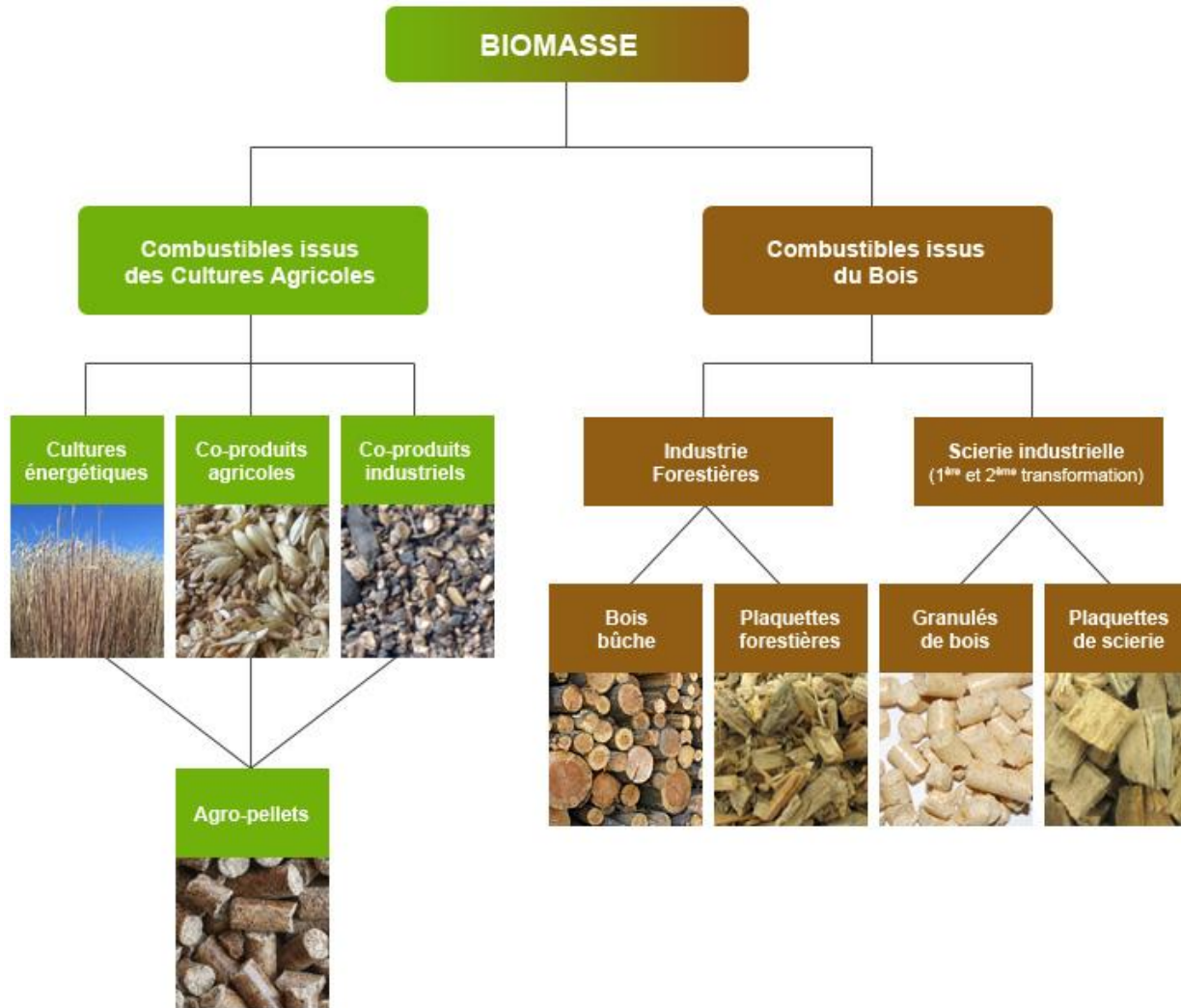


Utilisation des énergies renouvelables dans l'industrie

► L'énergie solaire



Utilisation des énergies renouvelables dans l'industrie



Utilisation des énergies renouvelables dans l'industrie

► Des déchets comme source d'énergie



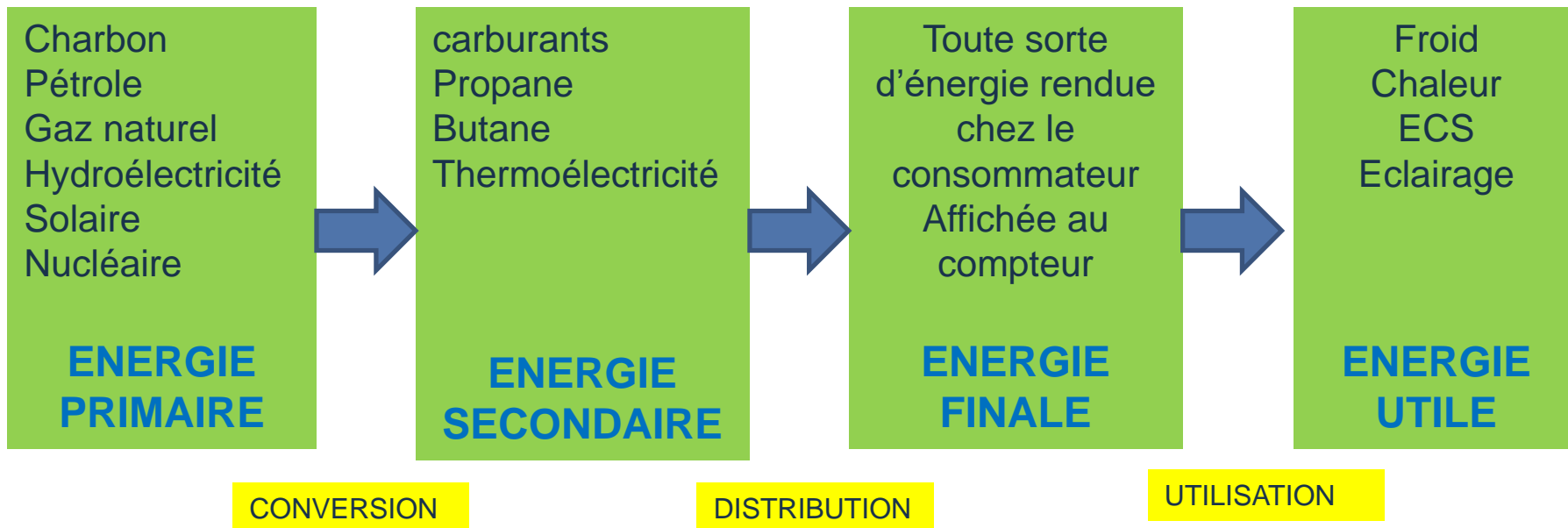
Les déchets industriels, commerciaux, municipaux, qui sont combustibles, par exemple les emballages, peuvent être brûlés dans un incinérateur ou un four à ciment pour générer de la chaleur ou de l'énergie électrique

La transformation de l'énergie et son utilisation dans l'industrie

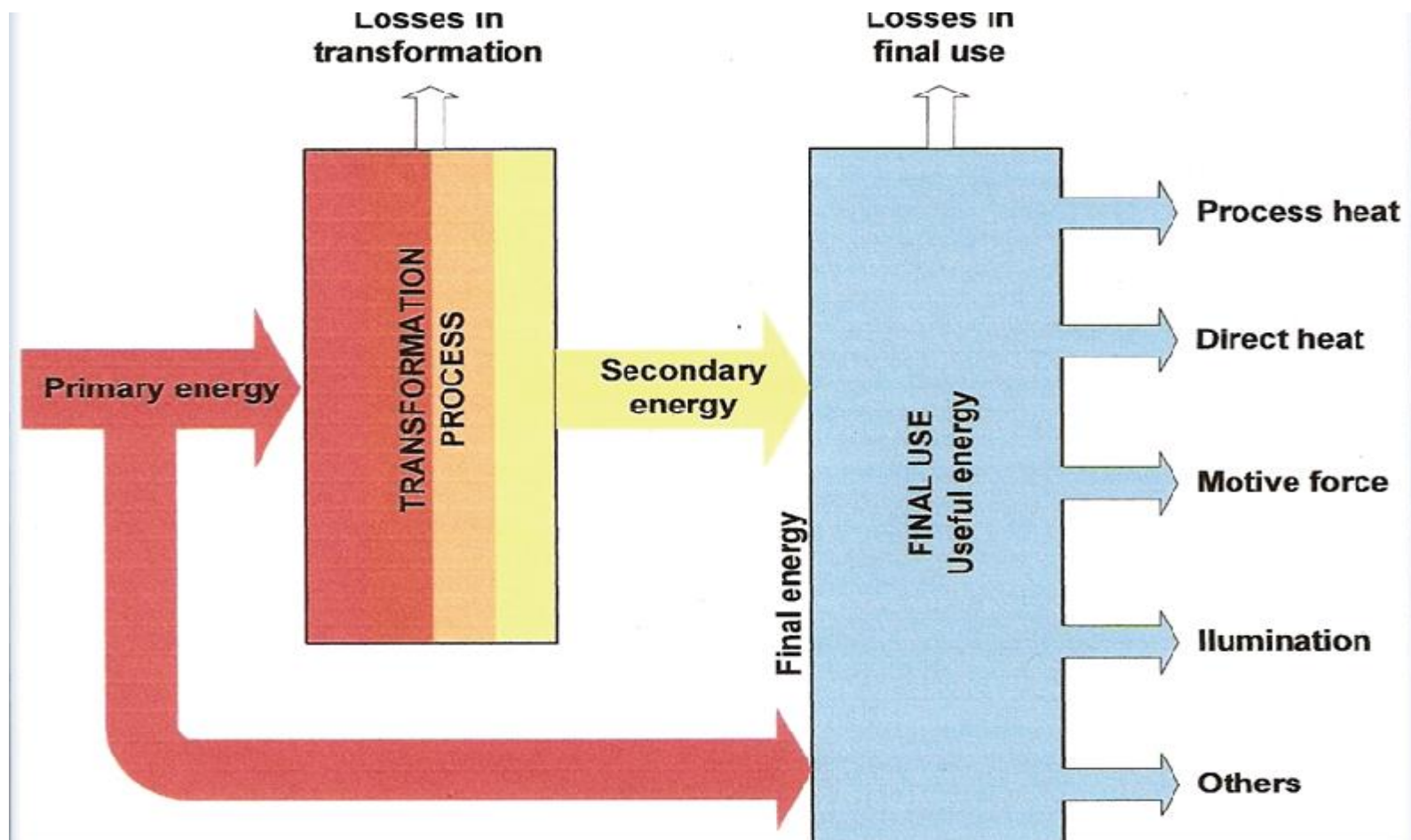


Quelques définitions

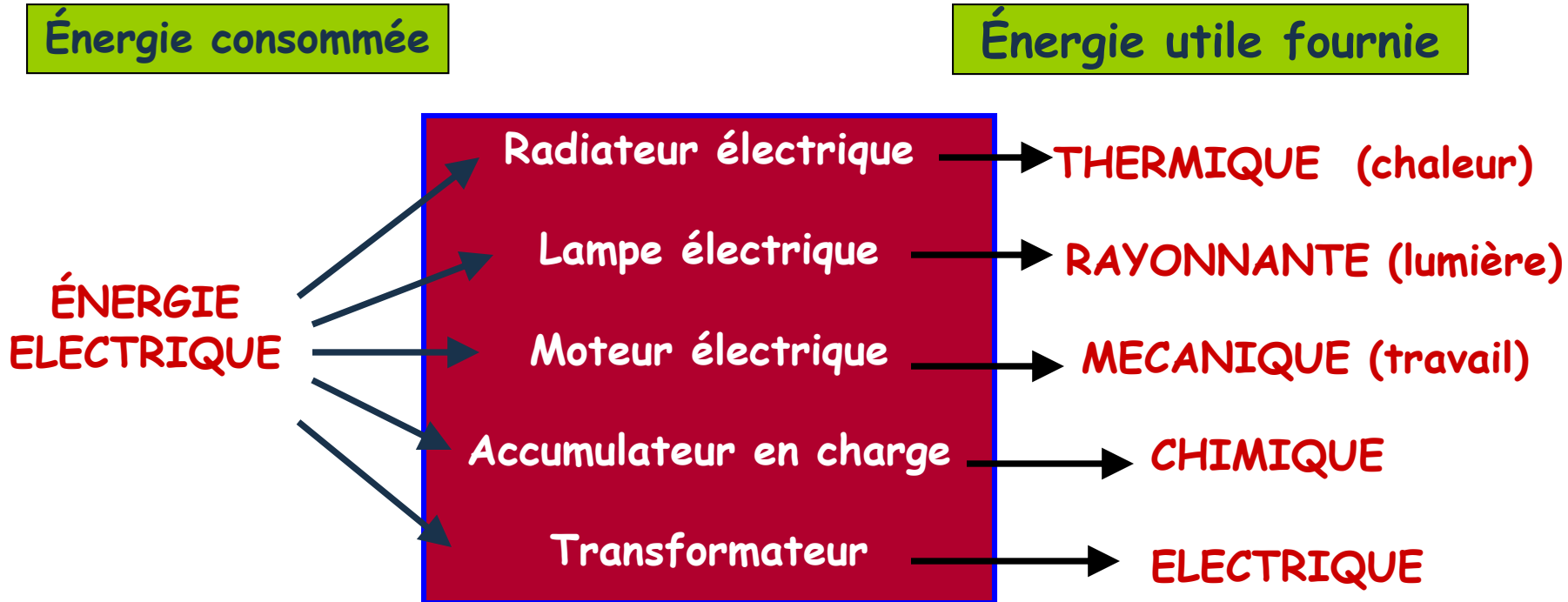
► Energie primaire, secondaire, finale, utile



Types d'énergies et caloporteurs



Exemple :



Production de combustible

Les principaux combustibles sont produits à partir d'une distillation fractionnée du pétrole. En général, les huiles combustibles moyennes et le mazout léger (kérosène et gazole) sont utilisés dans l'industrie pour le chauffage et pour produire de la vapeur. L'essence et le gazole sont les principaux combustibles utilisés pour le transport routier et ferroviaire. Le gaz de pétrole liquéfié

(GPL) est un gaz, liquéfié sous pression, il est utilisé pour le stockage et le transport, comme source de chauffage ou d'alimentation pour les véhicules.

Les « biocarburants » liquides, peuvent être produits à partir de sources biologiques. La matière biologique, cultivé spécialement ou issue de déchets naturels, peut être transformé en carburants comme le méthanol, l'éthanol, les esters de méthyle (« biodiesel ») ou les éthers de méthyle

Production d'électricité

- ▶ L'électricité peut être produite à partir d'énergies renouvelables : l'éolien, l'hydraulique, le solaire, la biomasse, la géothermie, mais la majeure partie est produite par la combustion d'énergies fossiles ou par réaction nucléaire





giz Deutsche Gesellschaft
für Internationale
Zusammenarbeit (GIZ) GmbH



Qu'est ce qu'on va en faire ?





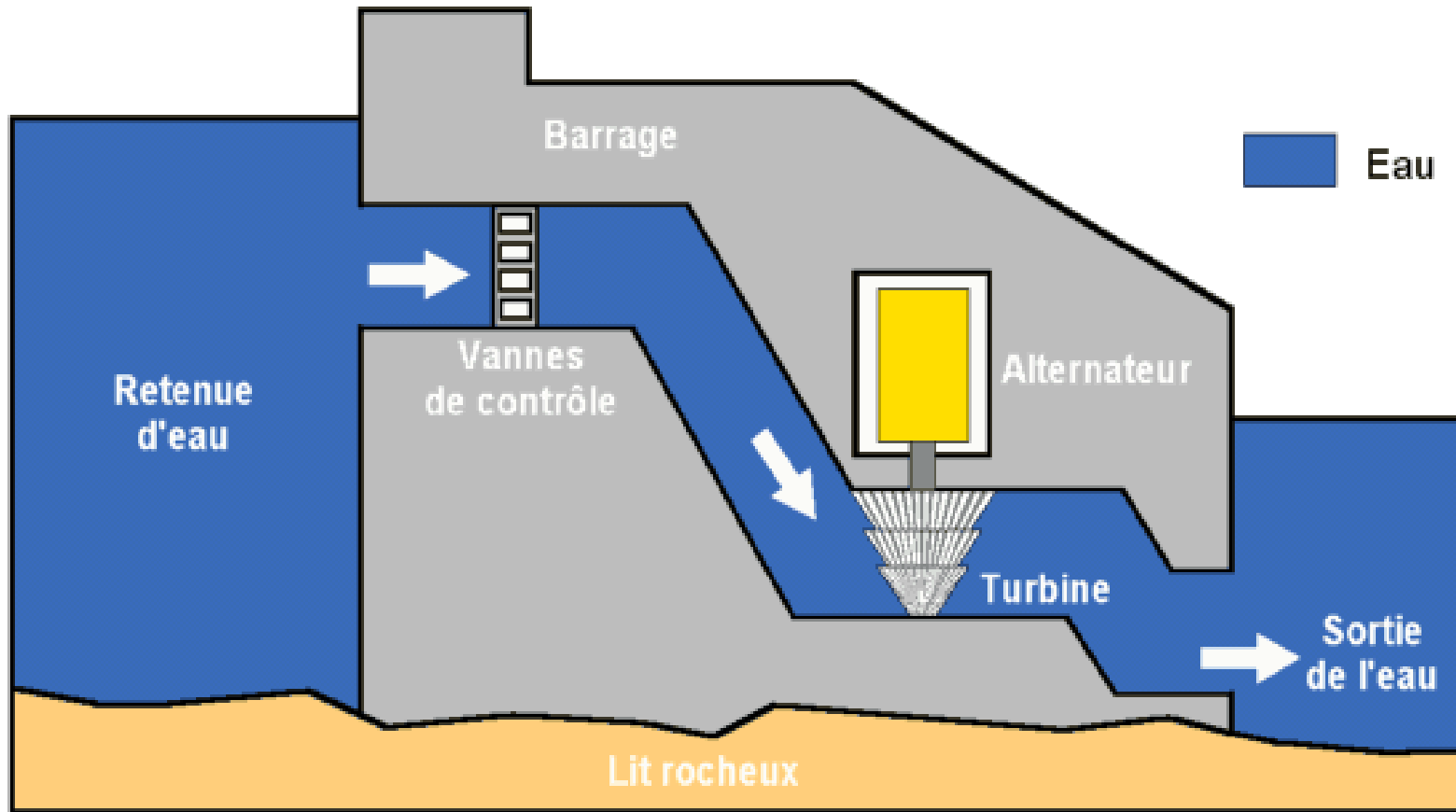
giz Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH



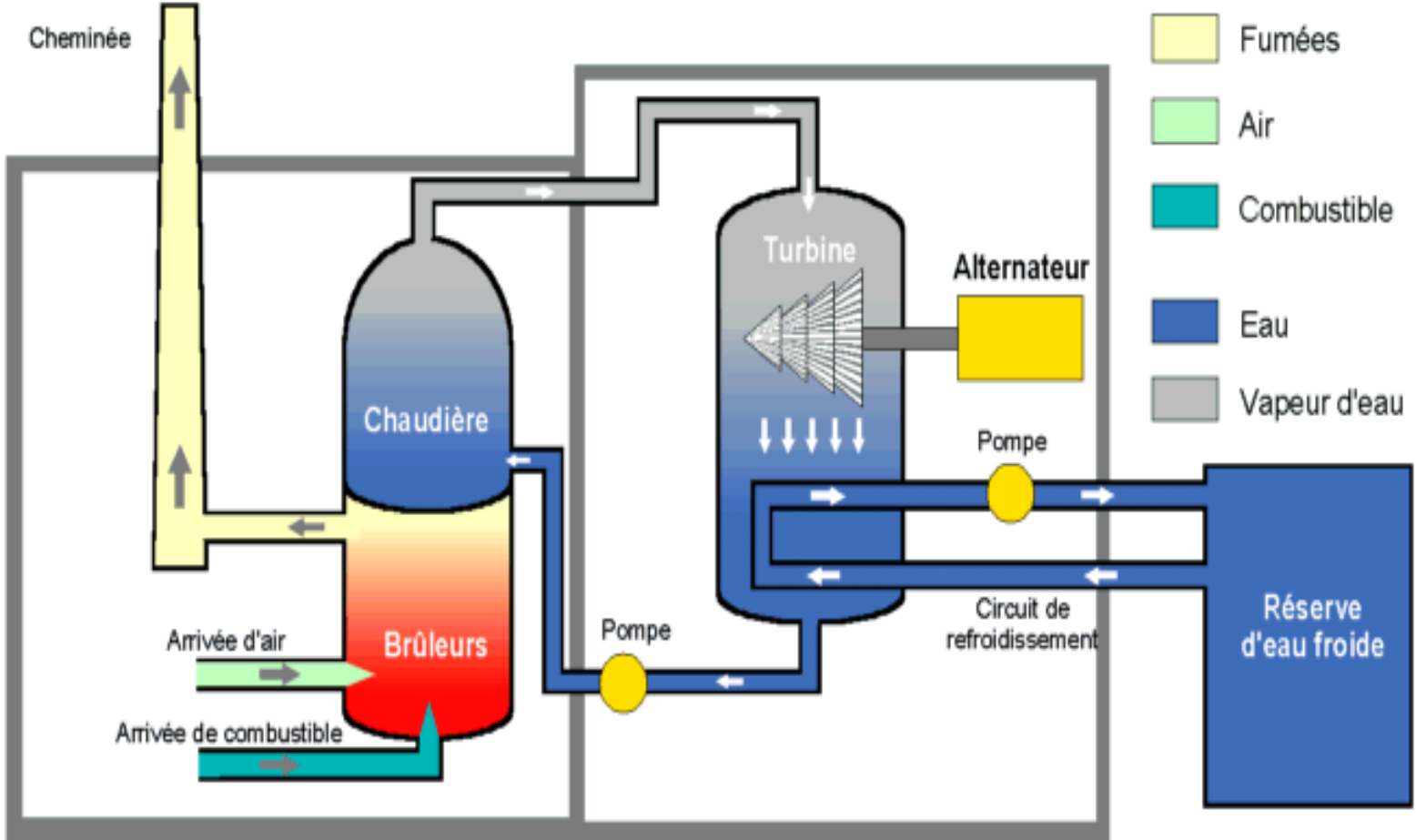
Qu'est ce qu'on va en faire ?



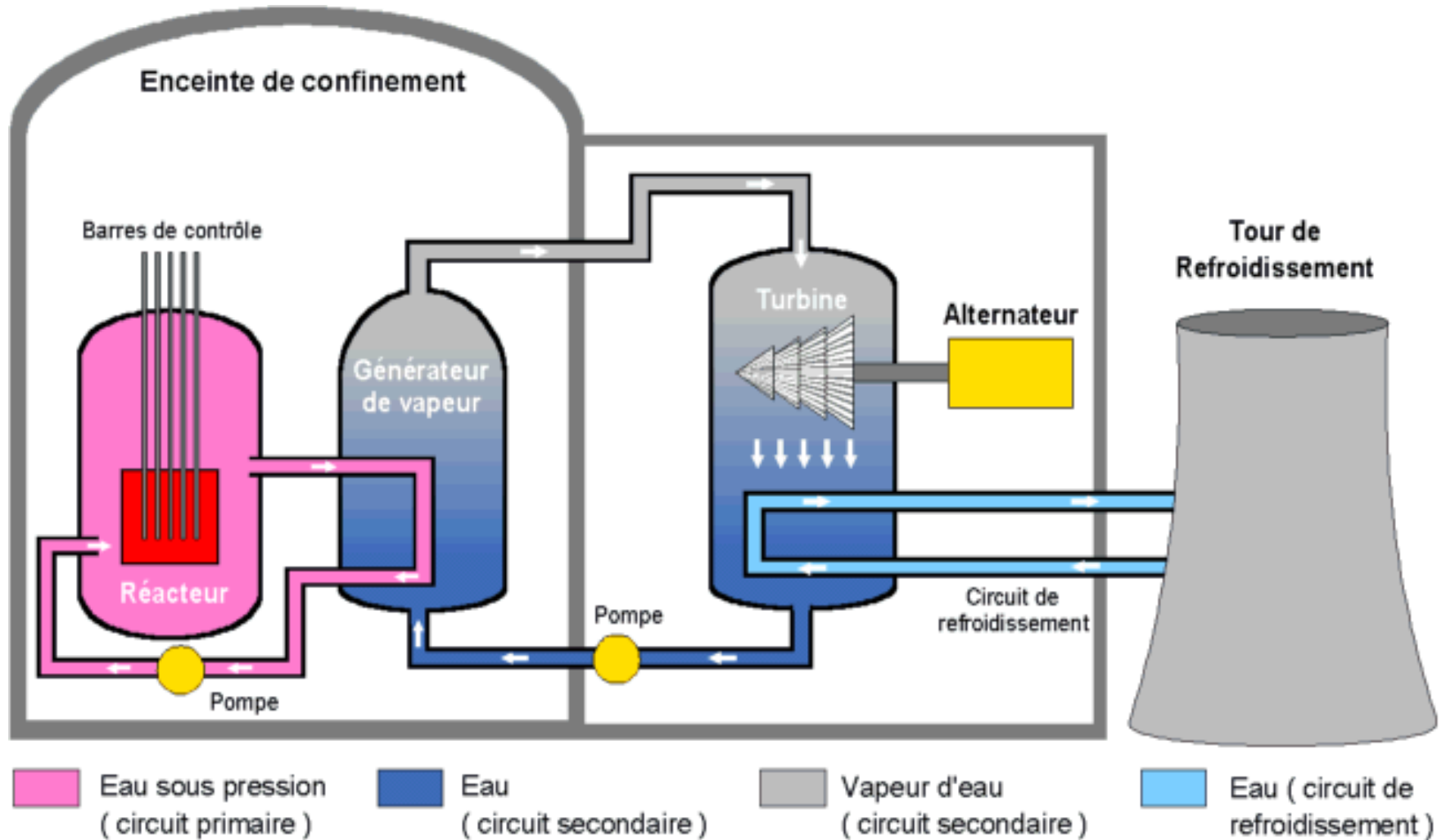
Centrales hydroélectriques



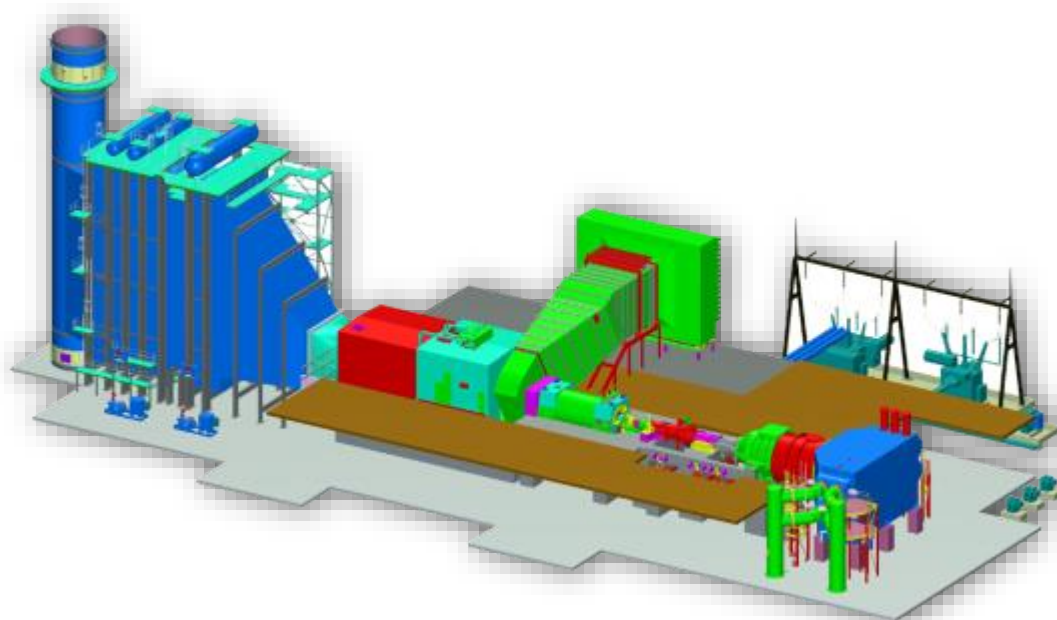
Les centrales thermiques



Les centrales nucléaires



Les centrales à cycle combiné



Au Maroc (1/2)

- CCG de TAHADDART (285 M€)
 - Siemens 385 MW
 - 1-1-1 Single Shaft
 - MSI en 2005
 - Consommation annuelle
 - en gaz algérien : 520 M Nm³
 - Rendement : 58% (30 + 28)
 - BOT : 48% ONE + 32% Endesa + 20% Siemens
 - 92% de disponibilité garantie

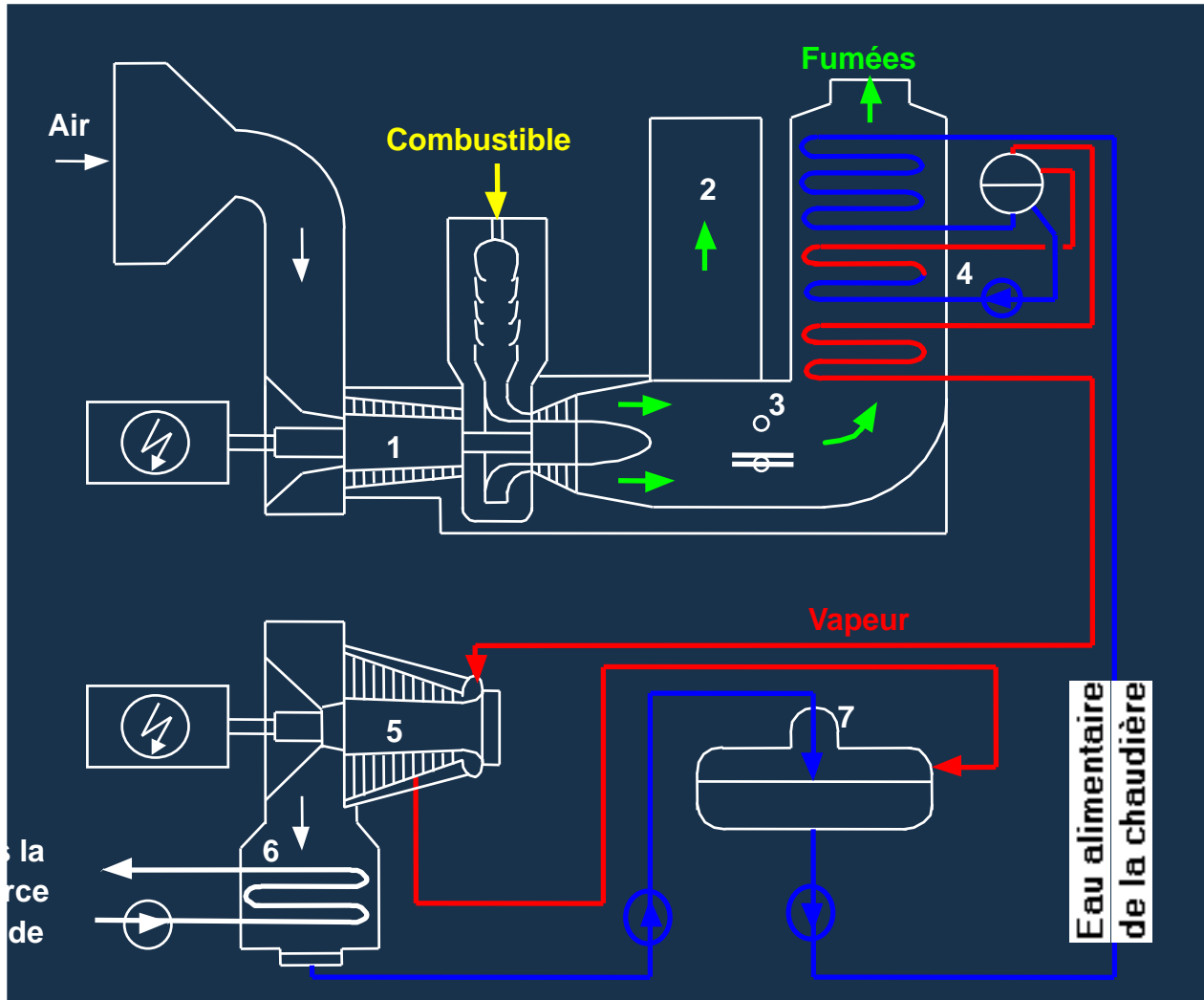


Au Maroc (2/2)

- CCG d'Aïn Beni Mathar (472 M€)
 - Alstom 452 MW
 - 1-1-1 Single Shaft
 - MSI en 2005 avec une dispo de 93%
 - Energie solaire : 20 MW (183 200 m² de cellules
• étalées sur 88 Hectares)
 - Rendement : 58% (30 + 28)
 - BOT : 48% ONE + 32% Endesa + 20% Siemens

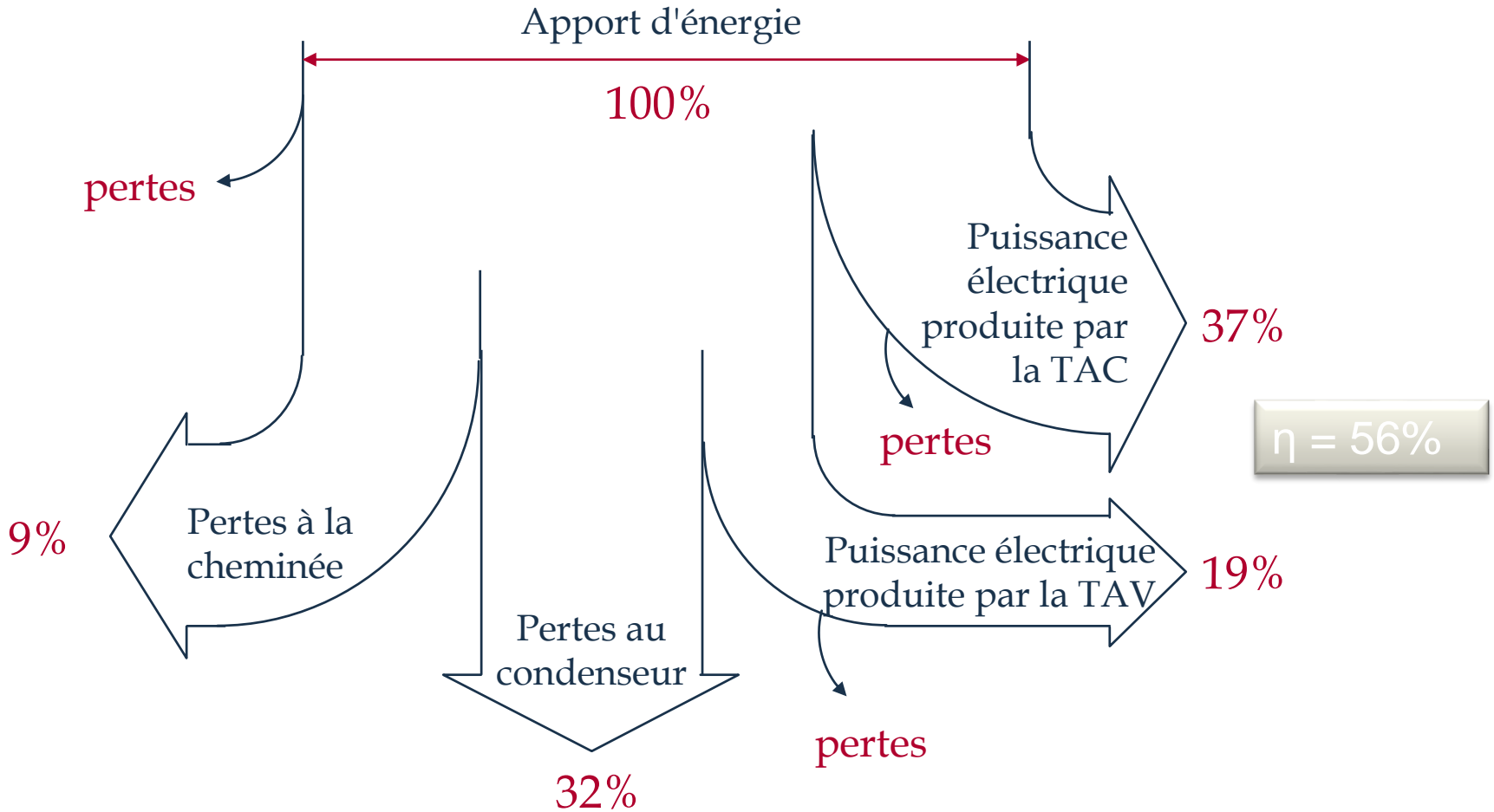


Schéma de principe du cycle combiné



- 1 : Turbine à combustion
- 2 : Cheminée de bypass
- 3 : Registre de bypass
- 4 : Chaudière de récupération
- 5 : Turbine à vapeur
- 6 : Condenseur
- 7 : Bâche alimentaire

Bilan énergétique d'un cycle combiné



Les centrales à production combinée



C'est quoi la cogénération?

- ▶ Cogénération = Production simultanée de puissance et de chaleur en vue de les utiliser.





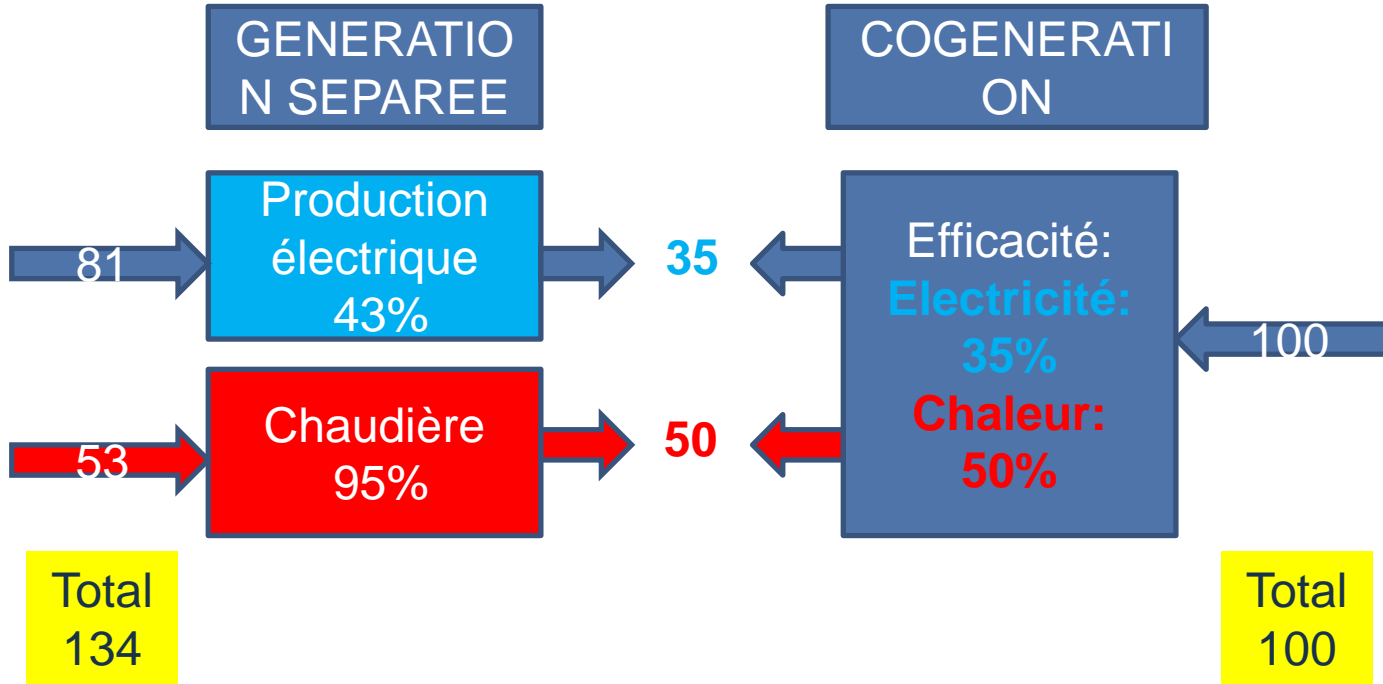
giz Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH



C'est quoi la cogénération?

- Un moyen de production d'énergie locale
- Utilisée à la place de la production séparée de chaleur et de l'électricité
- La chaleur est le produit principal, l'électricité un sous-produit
- Utilise la chaleur qui est perdue autrement
- Moyen d'utiliser l'énergie plus efficacement
- Différentes d'application
- Différentes technologies

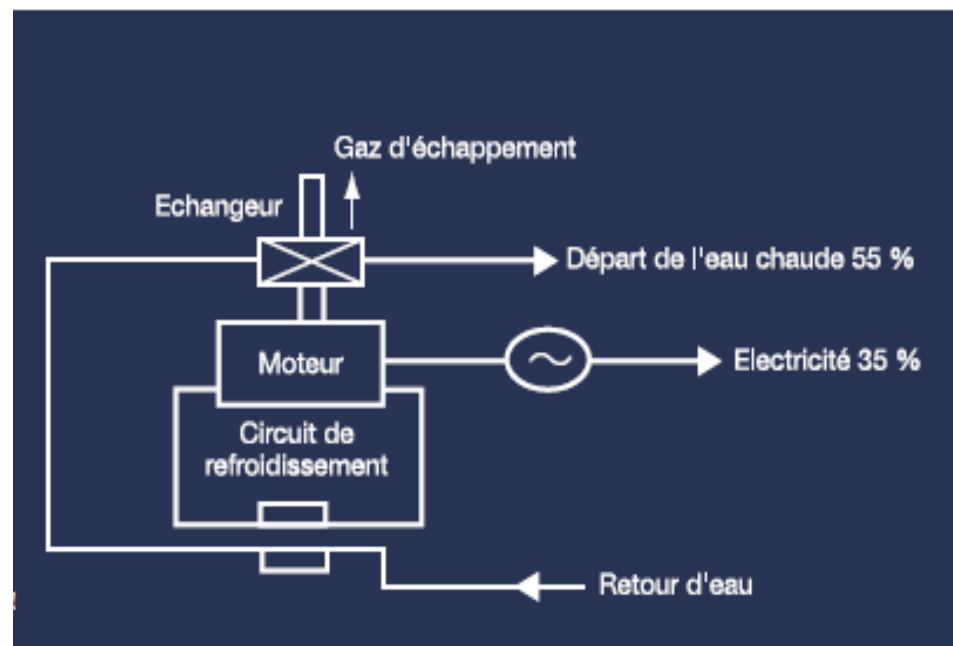
EFFICACITE ENERGETIQUE



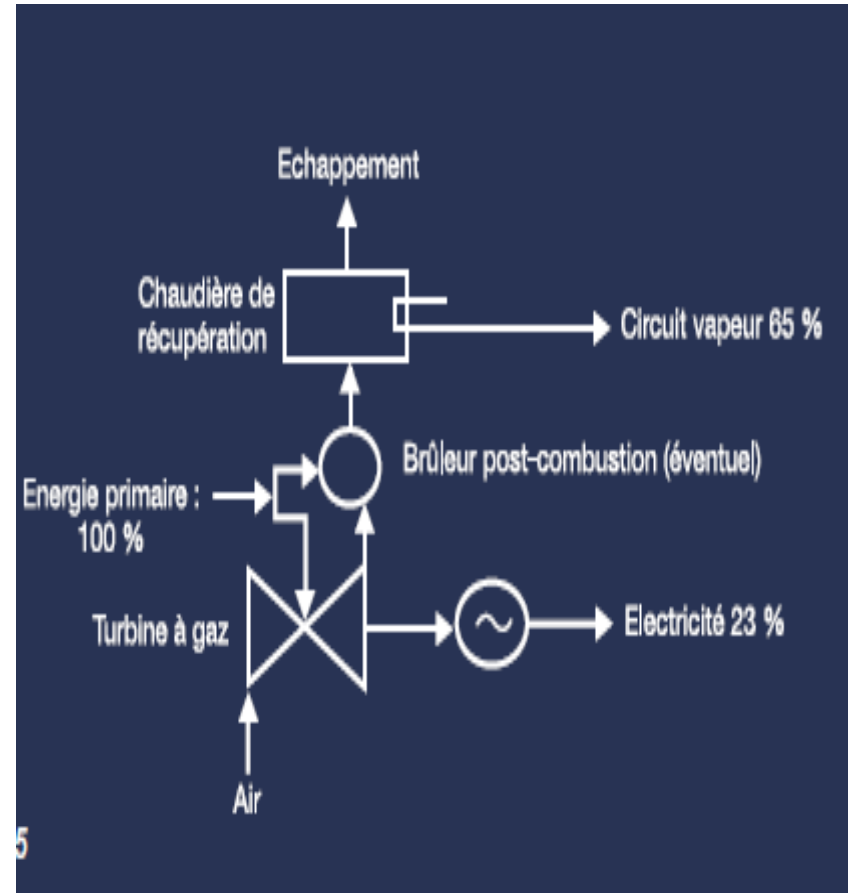
Conservation d'énergie = $(134 - 100) / 134 = 25 \%$

Les différents types de centrales de cogénération

- ▶ Les moteurs à combustion interne au fuel ou au gaz
- ▶ Avec ces moteurs on produit de l'eau chaude et très rarement de la vapeur. Leur puissance unitaire va de quelques dizaines de kW à 4 000 kW.



- ▶ Les turbines à gaz
- ▶ Elles utilisent le même combustible que les moteurs fuel ou gaz.
- ▶ La température d'échappement des gaz étant de l'ordre de 500°C , il y a production de vapeur.
- ▶ Leur puissance unitaire généralement utilisée est comprise entre 7 et 40 MW, même s'il existe des turbines à gaz de faible puissance (de quelques dizaines de kW à 1 MW).





giz Deutsche Gesellschaft
für Internationale
Zusammenarbeit (giz) GmbH



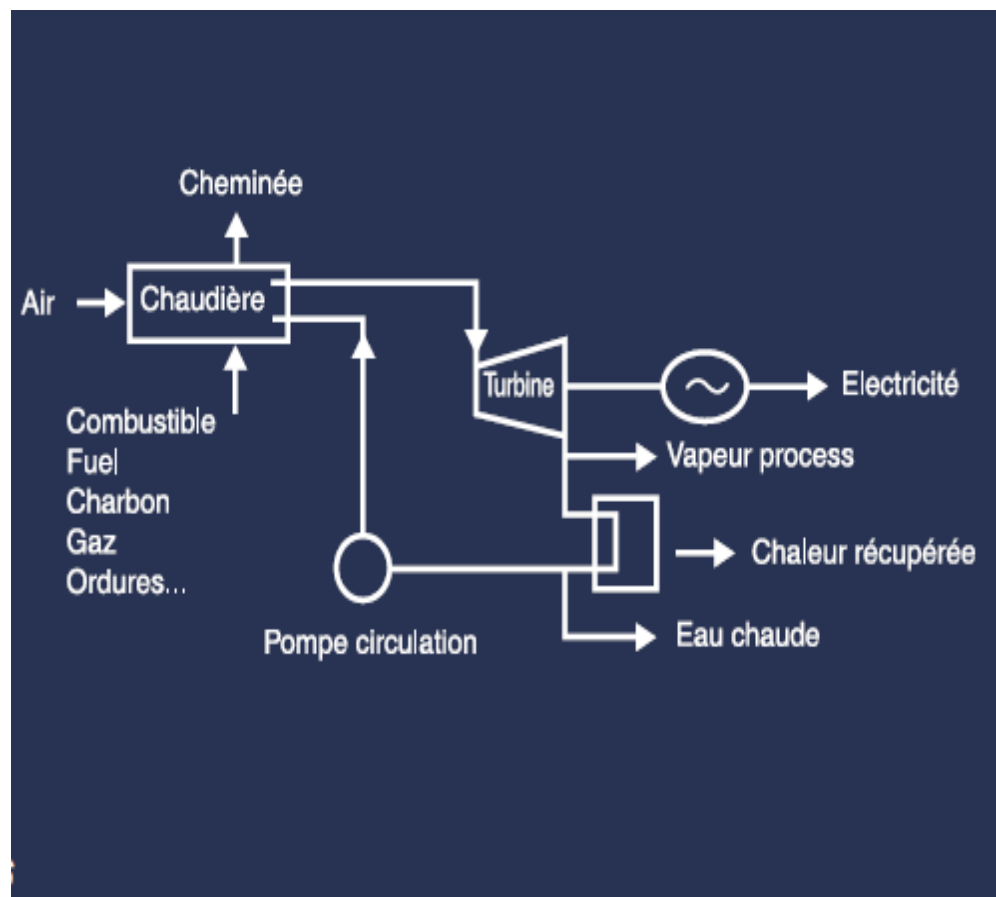
Moteurs ou turbines ?

- ▶ Il existe deux techniques de production :
 - les turbines à gaz,
 - les moteurs à combustion interne, fonctionnant au gaz ou au fuel.

- ▶ Le choix dépend principalement de la puissance électrique nécessaire, de la nature des besoins thermiques, des modalités d'utilisation de l'énergie ainsi que du rapport des puissances thermiques et électriques définies pour l'installation considérée.

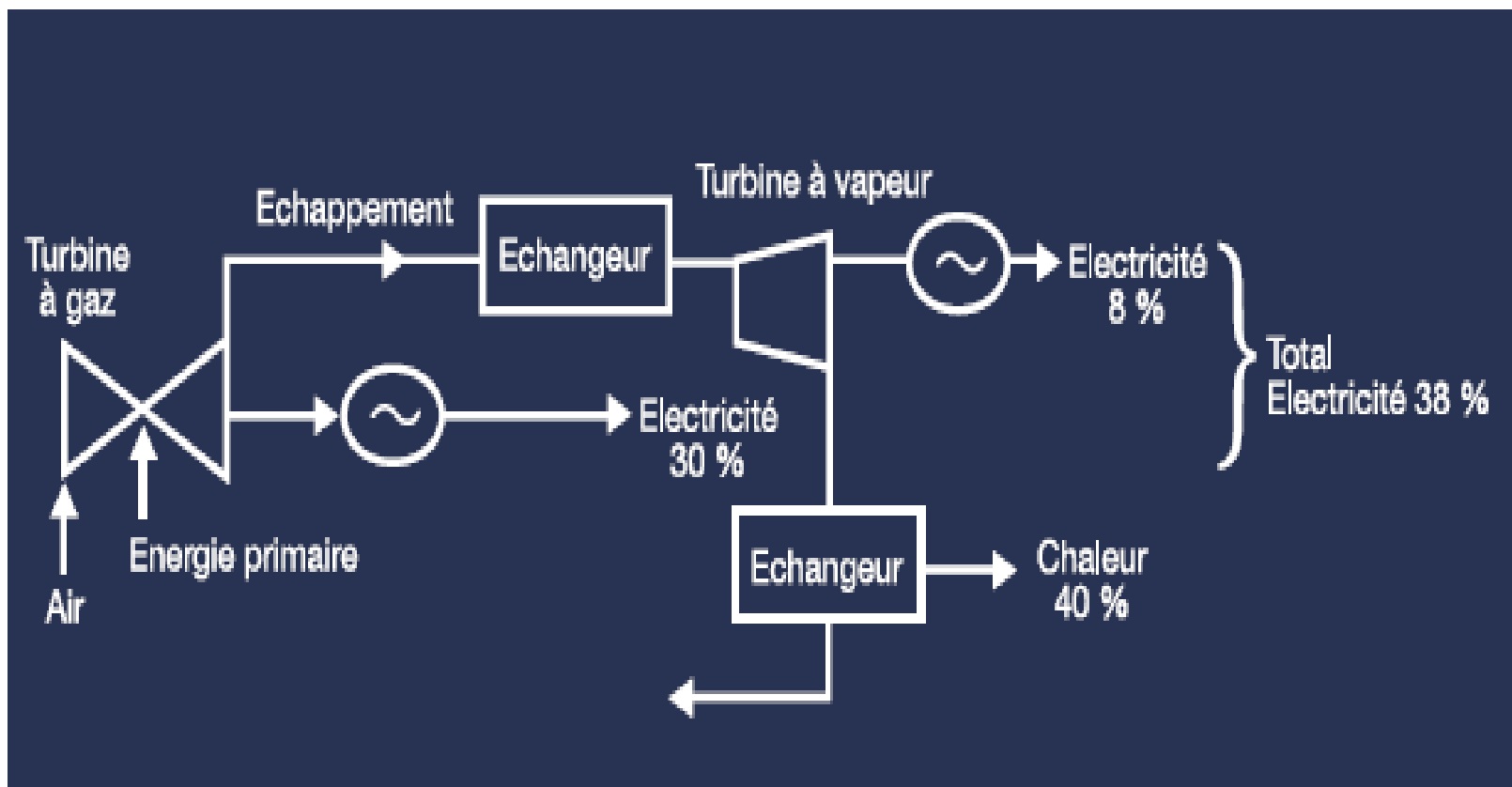
Turbines à vapeur

- ▶ Elles sont utilisées en aval d'une chaudière (bois, charbon, fuel lourd, ordures ménagères...) d'une puissance unitaire de plusieurs dizaines de MW.



Les turbines à cycle combiné

- ▶ Elles utilisent une turbine à gaz et une turbine à vapeur pour améliorer le rendement électrique.





la plus puissante turbine à gaz au monde (Allemagne)

La TAG sera est couplée à une turbine à vapeur pour former une centrale à cycle combiné d'une puissance de 530 MW, capable de couvrir les besoins en électricité d'une ville de 3 millions d'habitants.



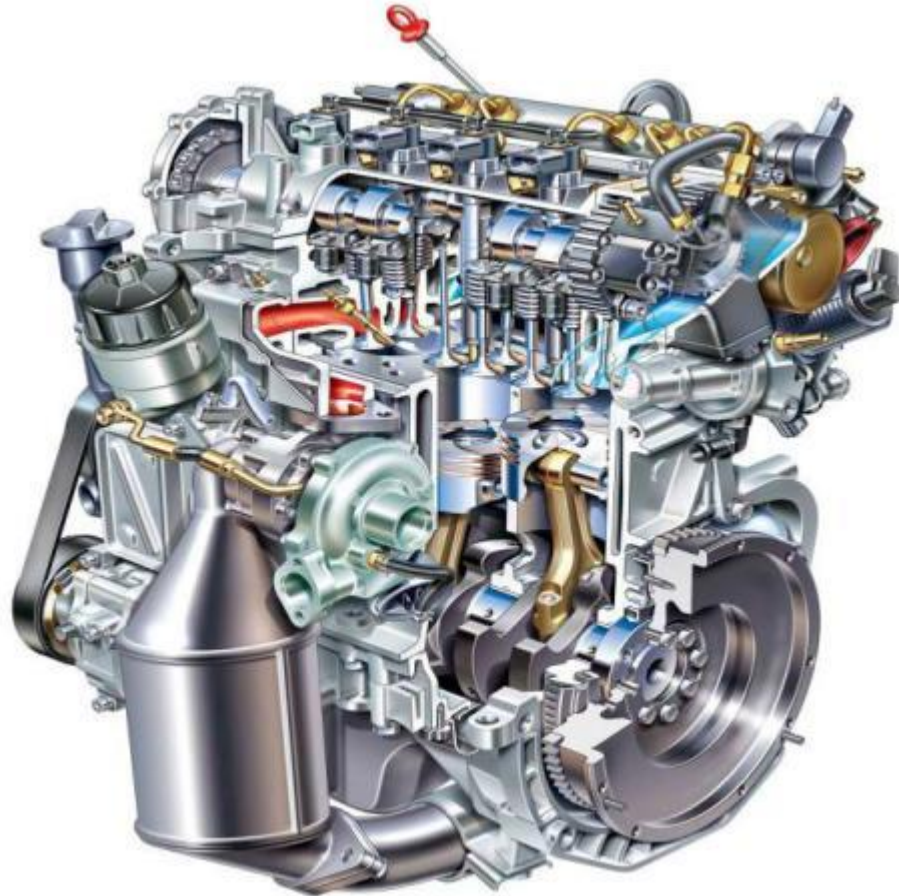
Turbine à
vapeur
USA



giz Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH



Moteur à combustion interne





giz
Deutsche Gesellschaft
für Internationale
Zusammenarbeit (GIZ) GmbH



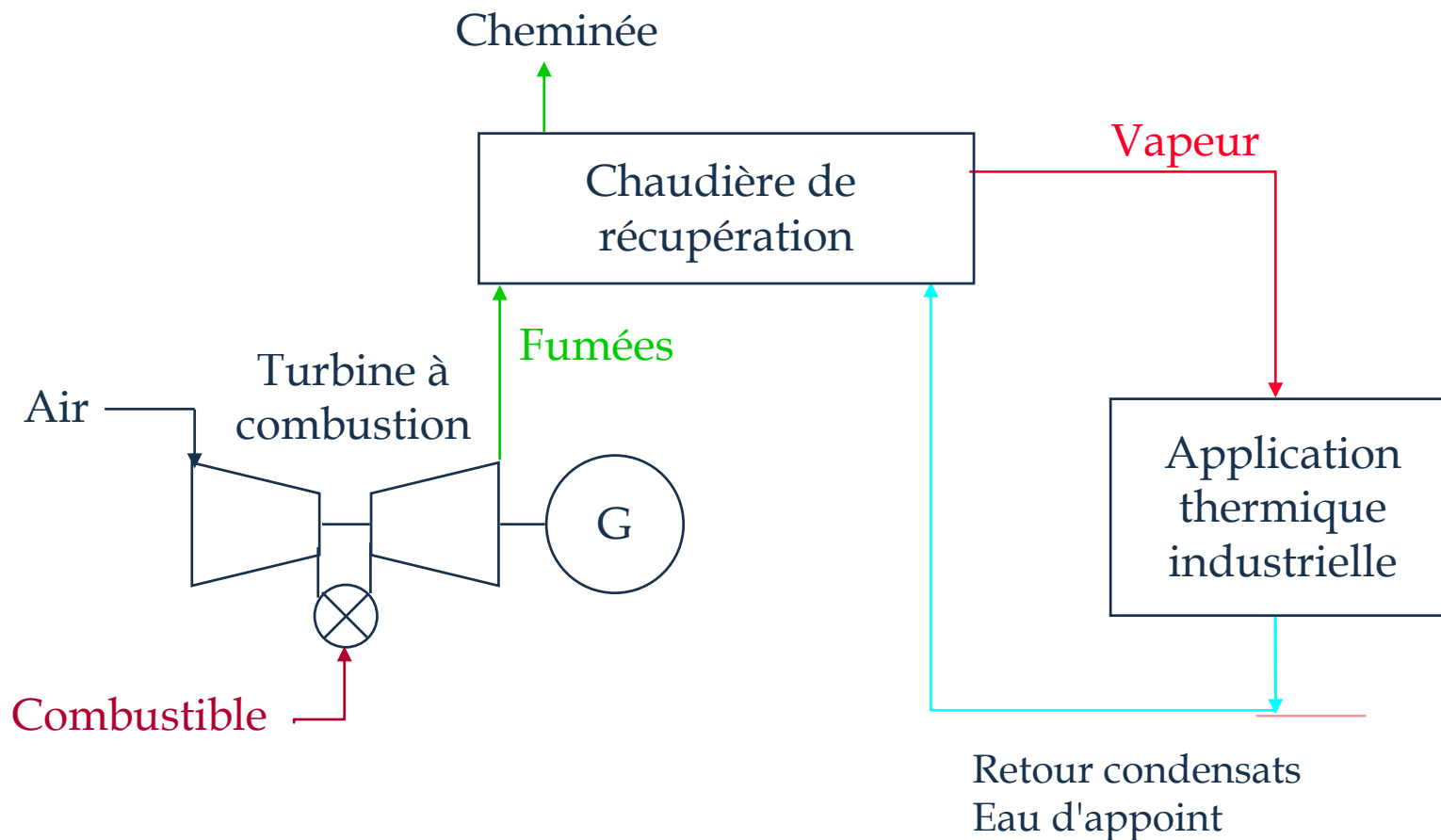
Pourquoi la cogénération?

- Améliorer l'efficacité énergétique
- Réduire l'utilisation de combustibles fossiles
- Réduire les émissions de CO2

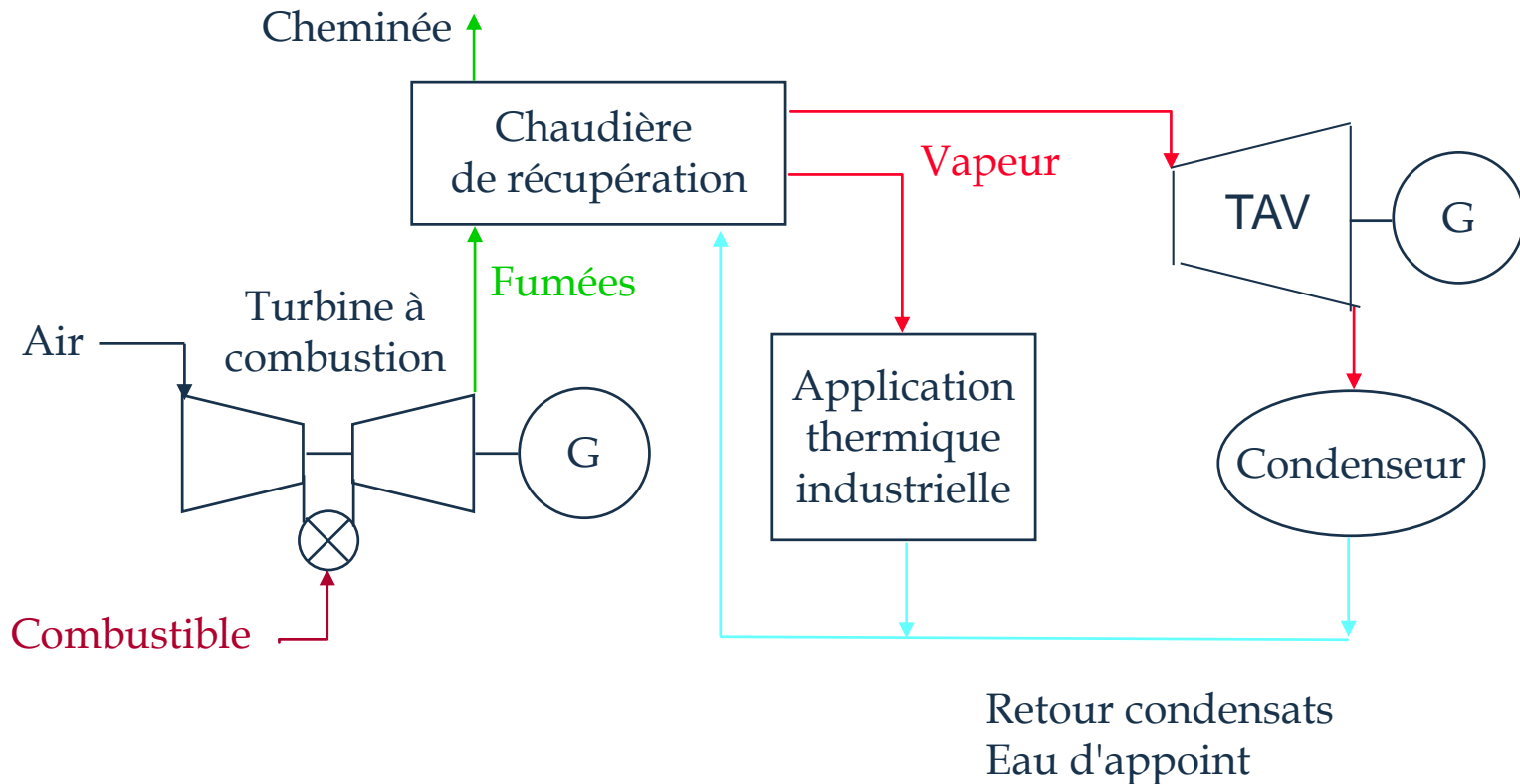
► MAIS AUSSI

- Réduire les coûts de l'énergie
- S'il y'a un besoin de chaleur, moyen le moins cher de produire de l'électricité
- Améliorer la sécurité d'approvisionnement
- utilisation de déchets organiques comme combustible
- Positionnement sur le marché de l'énergie

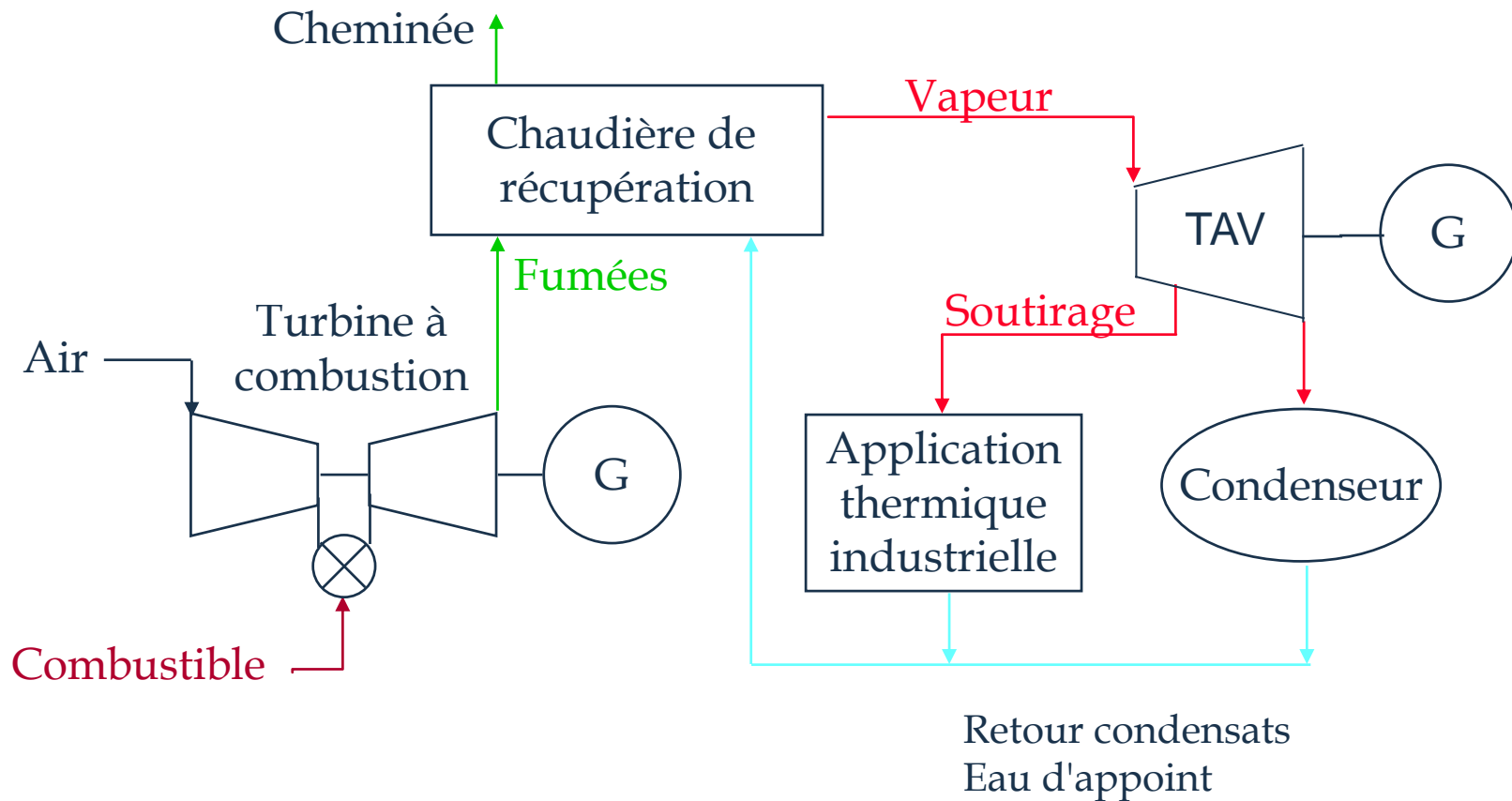
Turbine à combustion avec Chaudière de récupération



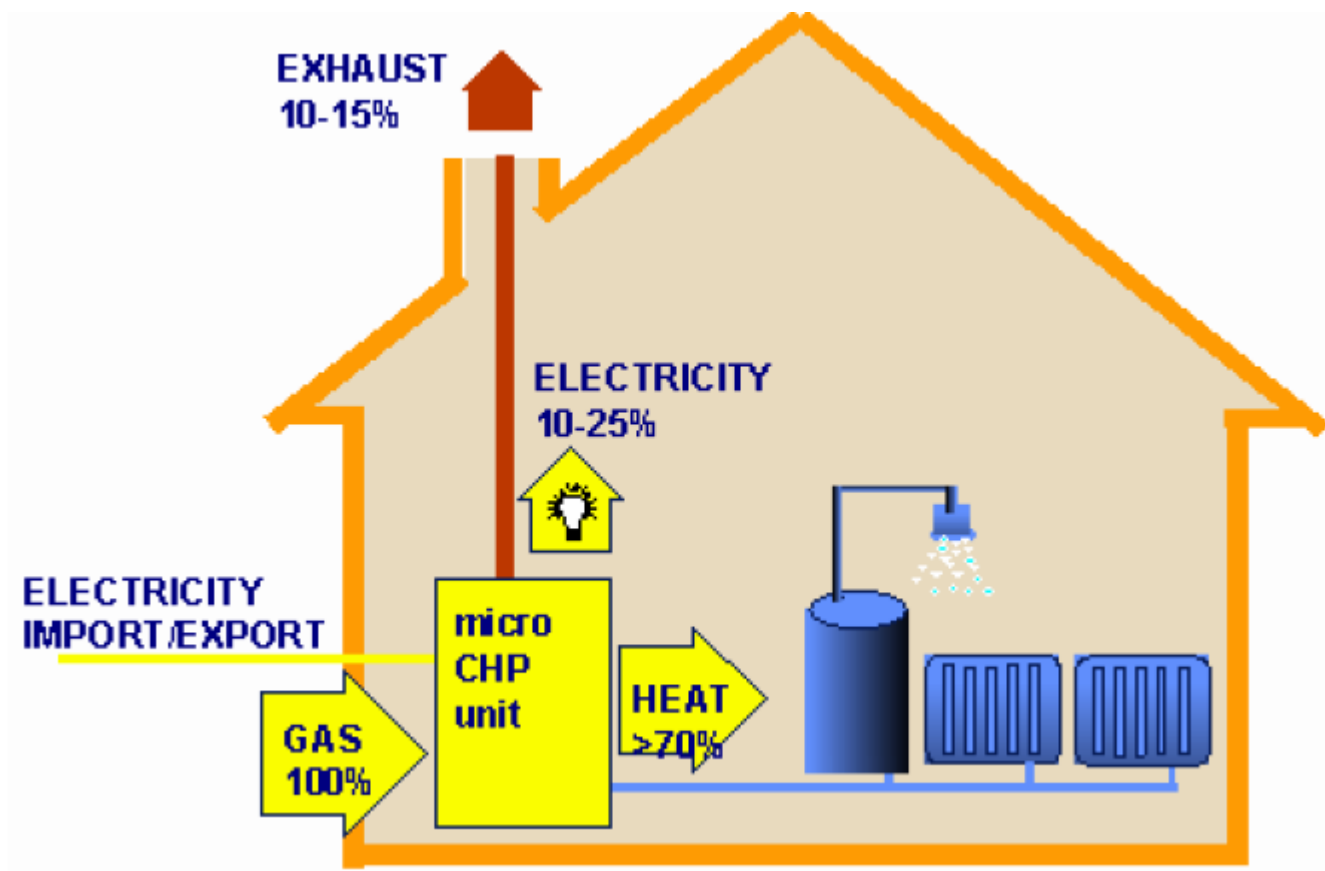
Cycle combiné avec soutirage à la chaudière



Cycle combiné avec soutirage à la turbine à vapeur



LA MICRO-COGENERATION





giz Deutsche Gesellschaft
für Internationale
Zusammenarbeit (GIZ) GmbH



**BUREAU
VERITAS**

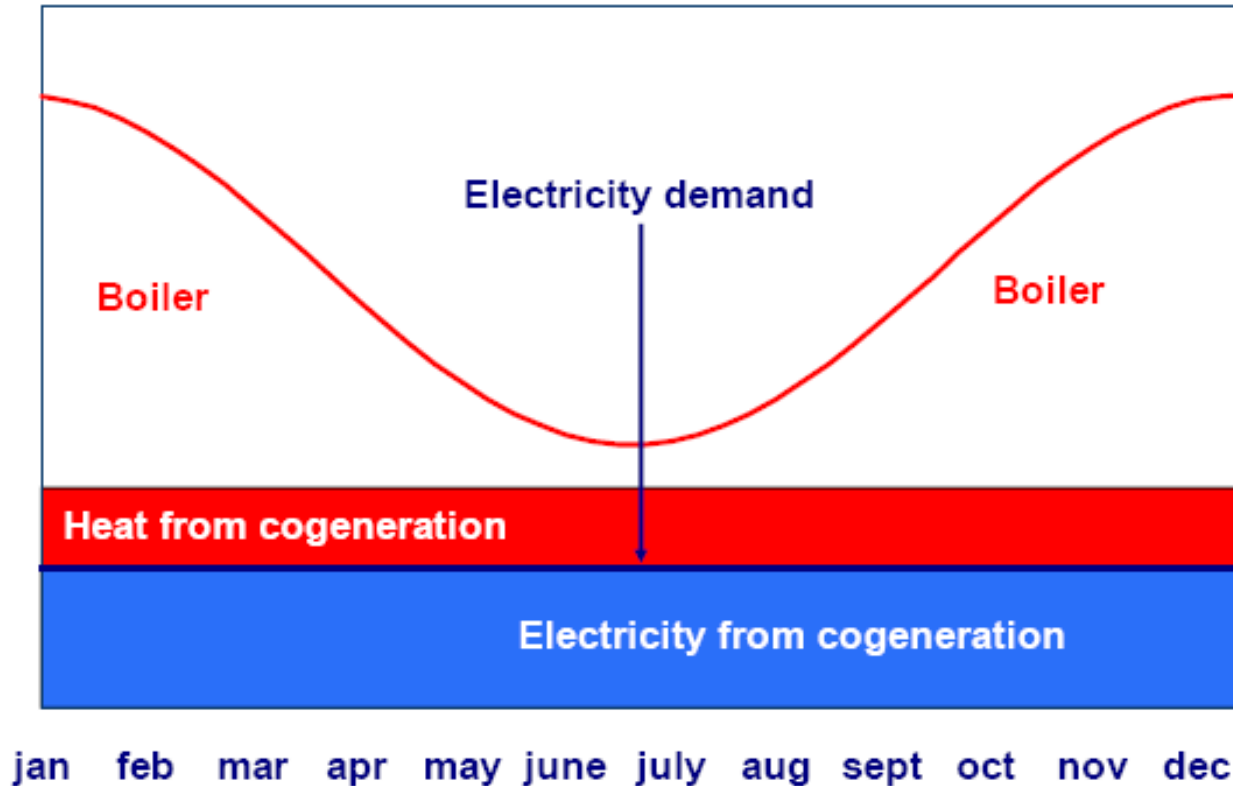
- ▶ Le marché mondial (environ 16 000 modules en 2005) est constitué à 75 % par le marché japonais et 20 % par le marché allemand. La technologie dominante est le moteur à combustion externe (95 %) et la très grande majorité des micro-cogénérateur utilise le gaz naturel comme combustible primaire et le rendement sur PCS est le plus souvent compris entre 80 et 90 %.

- ▶ Comme les besoins de chaleur et d'électricité ne sont pas toujours simultanés et non pas la même fréquence de demande, le rendement du système va dépendre des séquences de fonctionnement, les micro-cogénérateurs (qui ne sont pas des groupes électrogène) sont le plus souvent régulés par rapport aux besoins thermiques et il sera préférable alors de mettre en œuvre des réseaux de distribution à forte inertie (ballon, plancher chauffant).

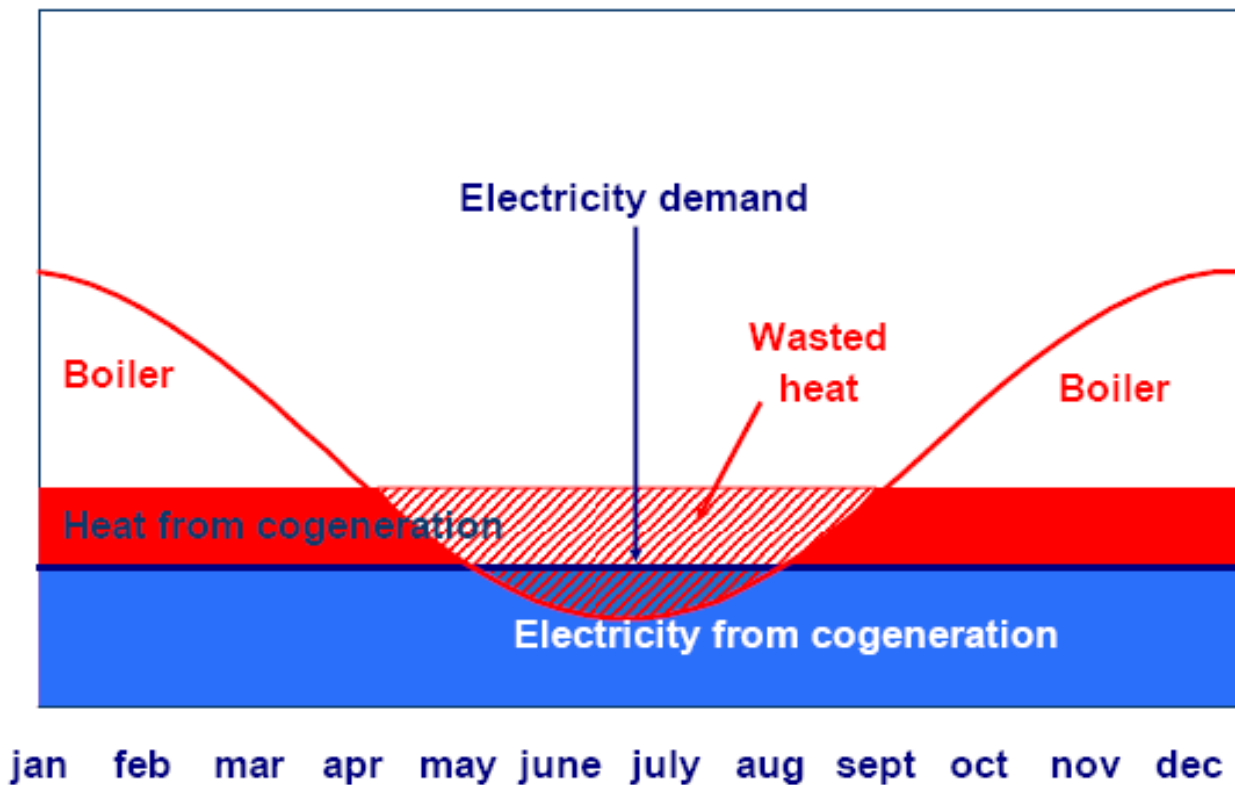
Analyse SWOT

Forces	Faiblesses
<p>Diminue la consommation en énergie primaire de l'utilisateur. Réduit la facture énergétique de l'utilisateur. Système facile à mettre en œuvre et à utiliser, vient en remplacement des chaudières existantes. Réduit les coûts d'électrification en zone rurale par production décentralisée d'électricité.</p>	<p>Réduit faiblement l'impact environnemental car fonctionne aujourd'hui avec des énergies fossiles qui émettent des GES. Faible rentabilité à cause des faibles durées de fonctionnement par rapport à une chaudière fonctionnant avec le même combustible et à cause de la faible capacité électrique des produits. Investissement très élevé. Produits pas encore à maturité. <u>Particularités pour la MCHP au gaz naturel</u> Prix du gaz peut être soumis à de nombreuses tensions. <u>Particularités pour la MCHP au bois : au stade du développement, produits finis sont prévus pour 2007-2008.</u></p>
Opportunités	Menaces
<p>Ouverture du marché de l'énergie. Réponse à la croissance de la demande électrique. Solutions innovantes pour respecter les obligations d'économie d'énergie . Innovation pour les industriels. Electrification en zone rurale. Peut éviter la construction de centrales électriques à énergie fossile.</p>	<p>Raccordement au réseau électrique : formalités longues, complexes et chères. Concurrence avec autres technologies : PAC, solaire thermique et photovoltaïque, chaudière à condensation ... Concurrence de l'électricité à faible contenu carbone. Manque d'installateurs et de société de maintenance. MCHP à granulés bois : dépend de la structuration de la filière bois et, pour le marché des particuliers, de la filière « granulés bois » plus précisément.</p>

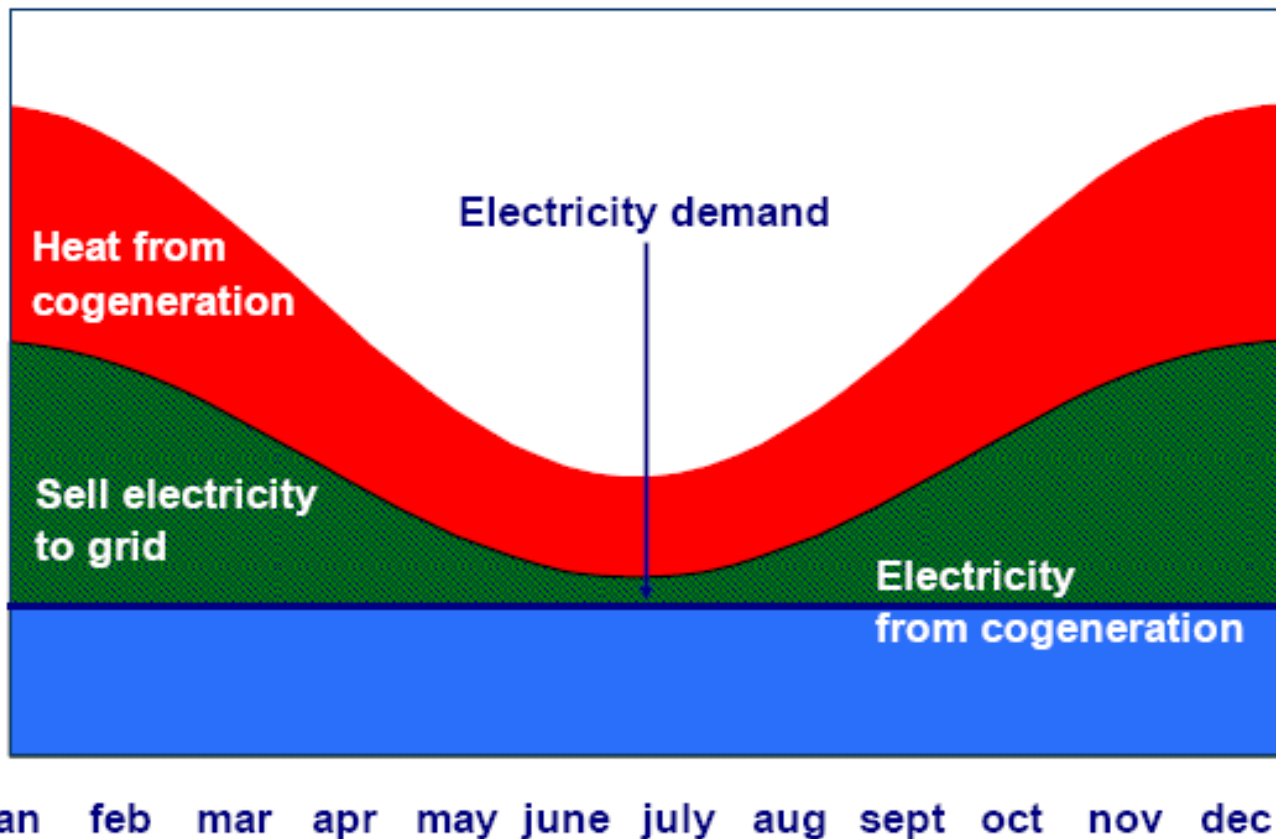
Dimensionnement sur la demande électrique



Dimensionnement sur la demande électrique



Dimensionnement sur la demande thermique



Bilans énergétiques

► Conservation de la masse

CONSERVATION DE LA MASSE

Choix du volume de contrôle

- Débit entrant +
- Débit sortant -

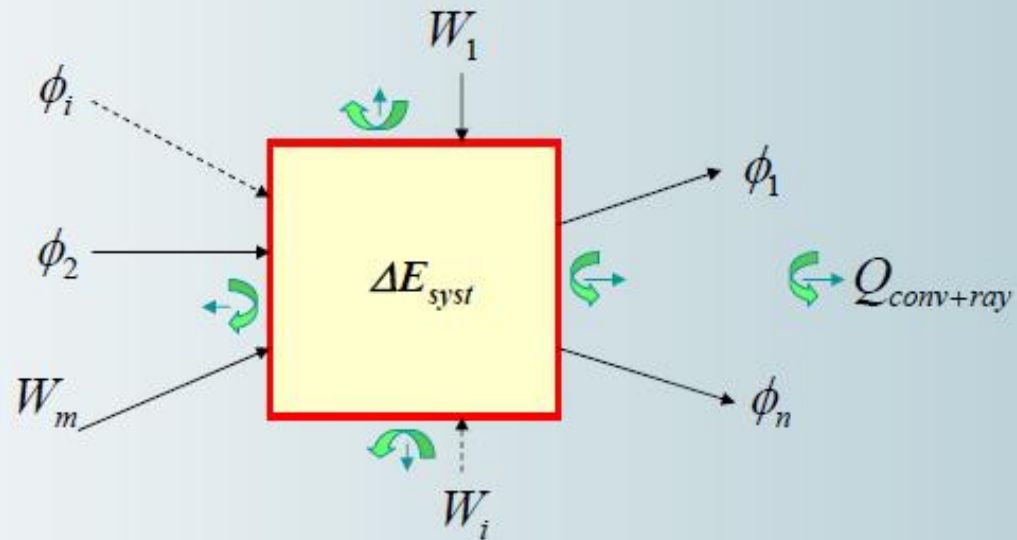
Conservation de la masse :

$$\Delta M_{\text{sys}} = \left(\sum_{i=1}^n \dot{m}_i \right) \Delta t$$

Régime permanent :

$$\sum_{i=1}^n \dot{m}_i = 0$$

Conservation de l'énergie



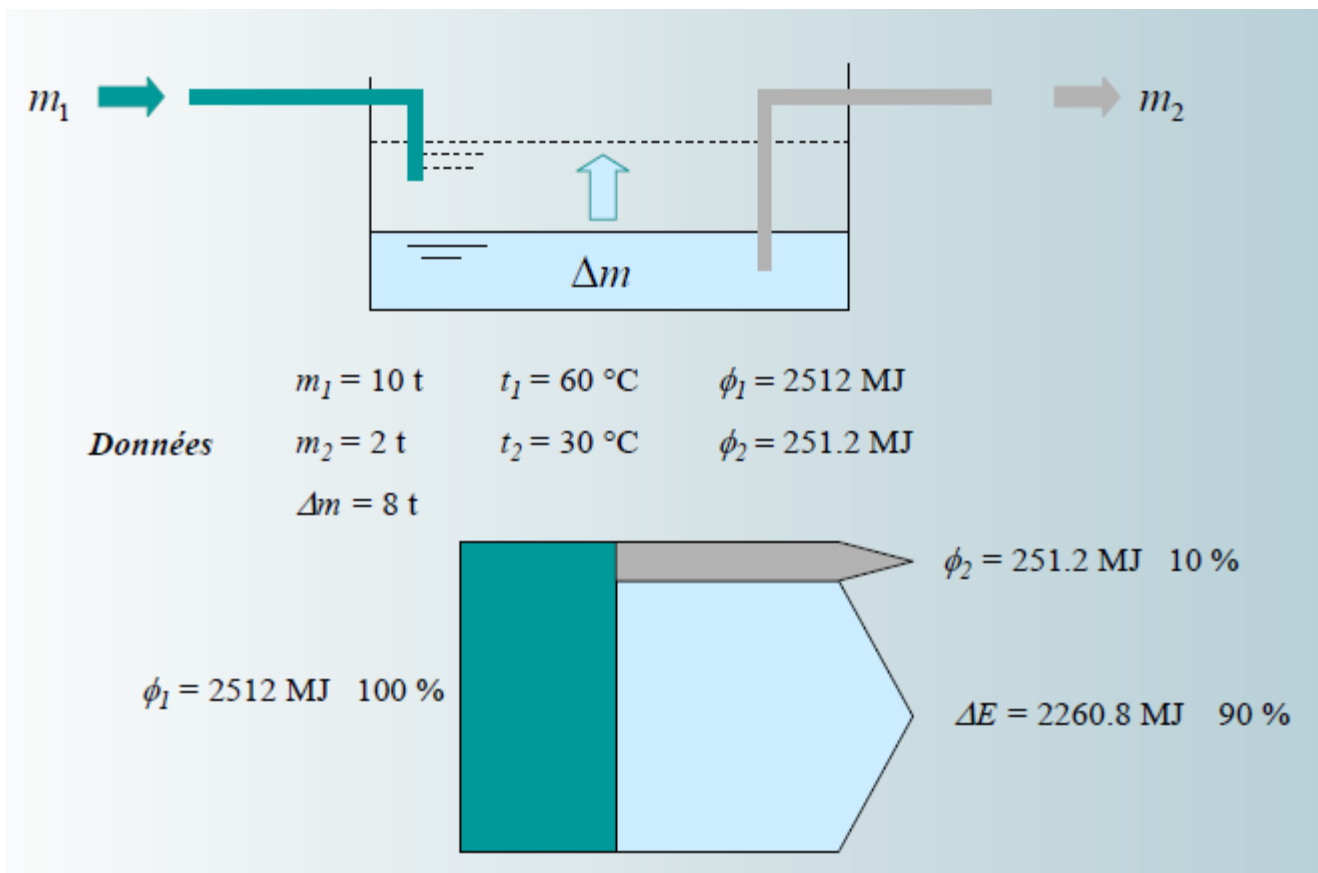
Choix du volume de contrôle :

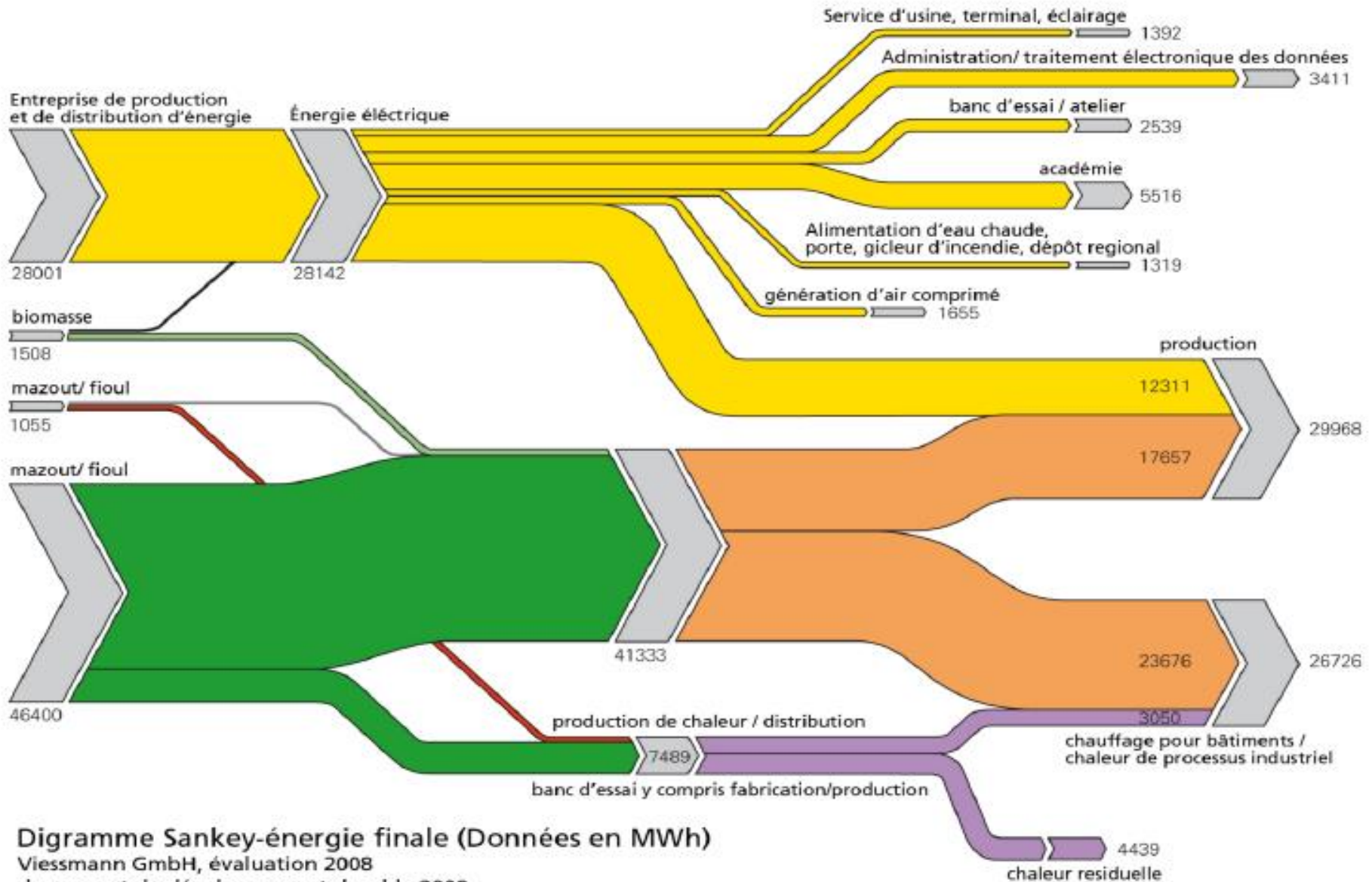
- Choix arbitraire
- Mais choix judicieux en fonction de l'application

Convention :

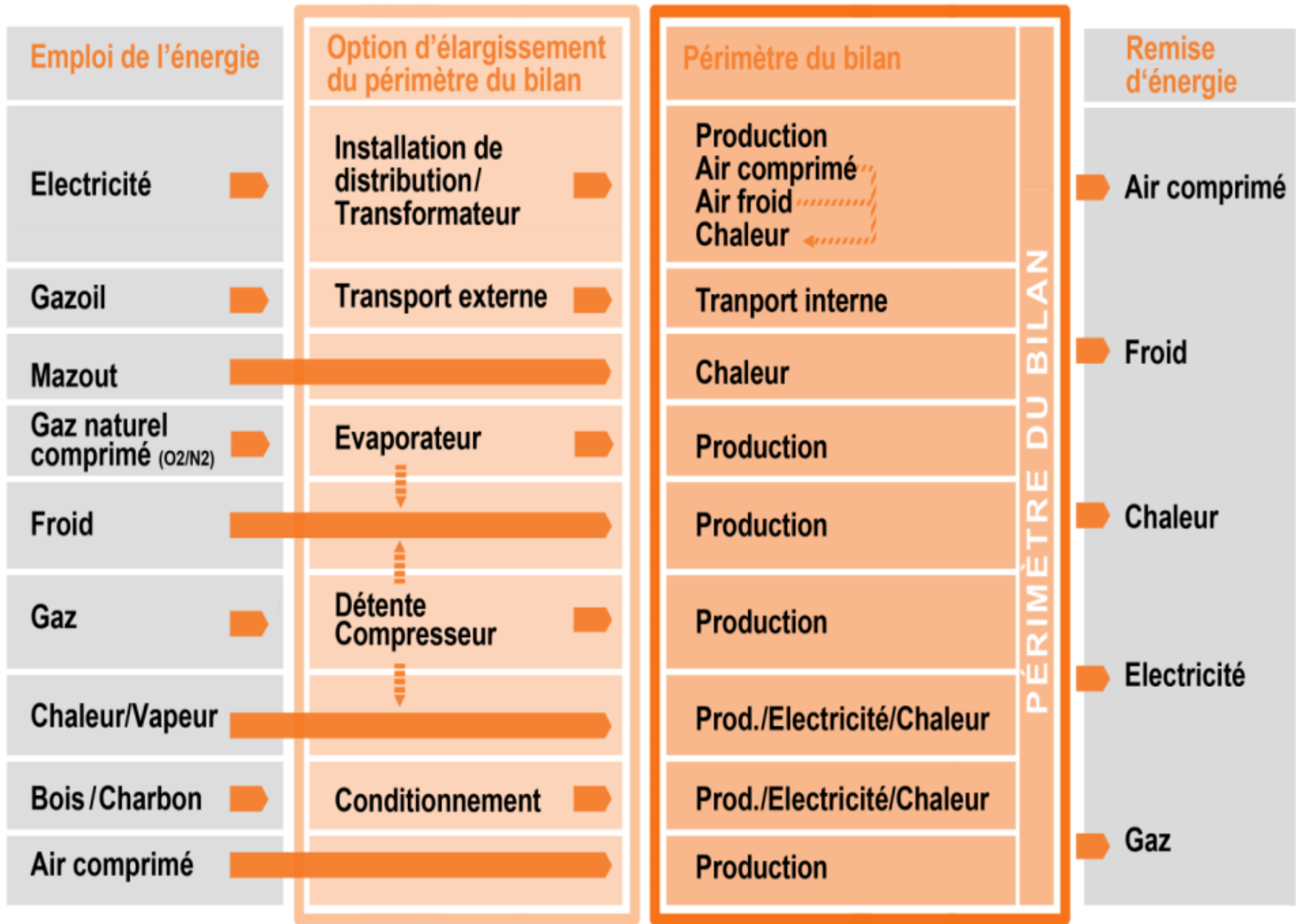
- Flux énergétiques et Travaux mécaniques entrant +
- Flux énergétiques et Travaux mécaniques sortant -

Diagramme de Sankey

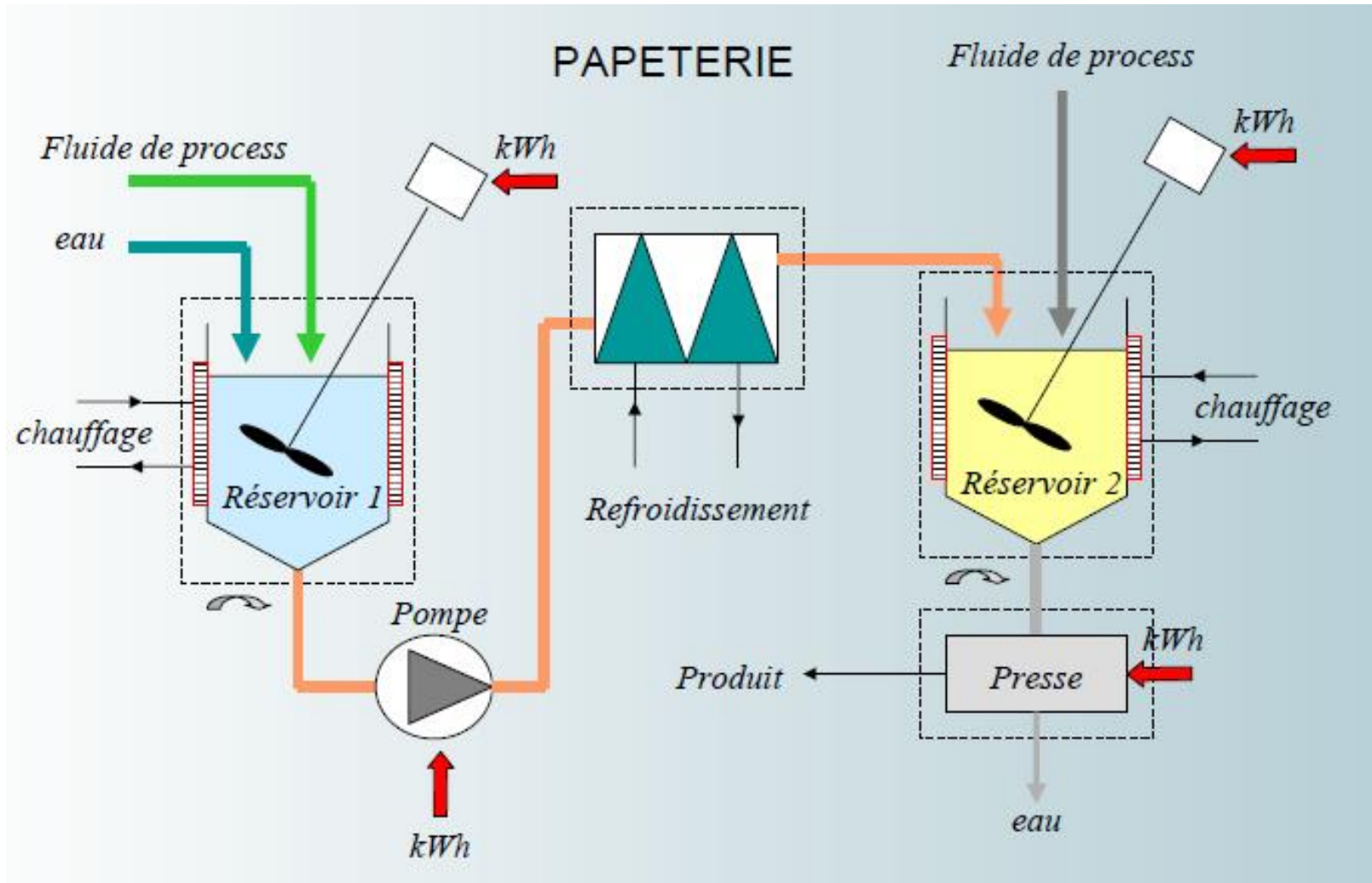


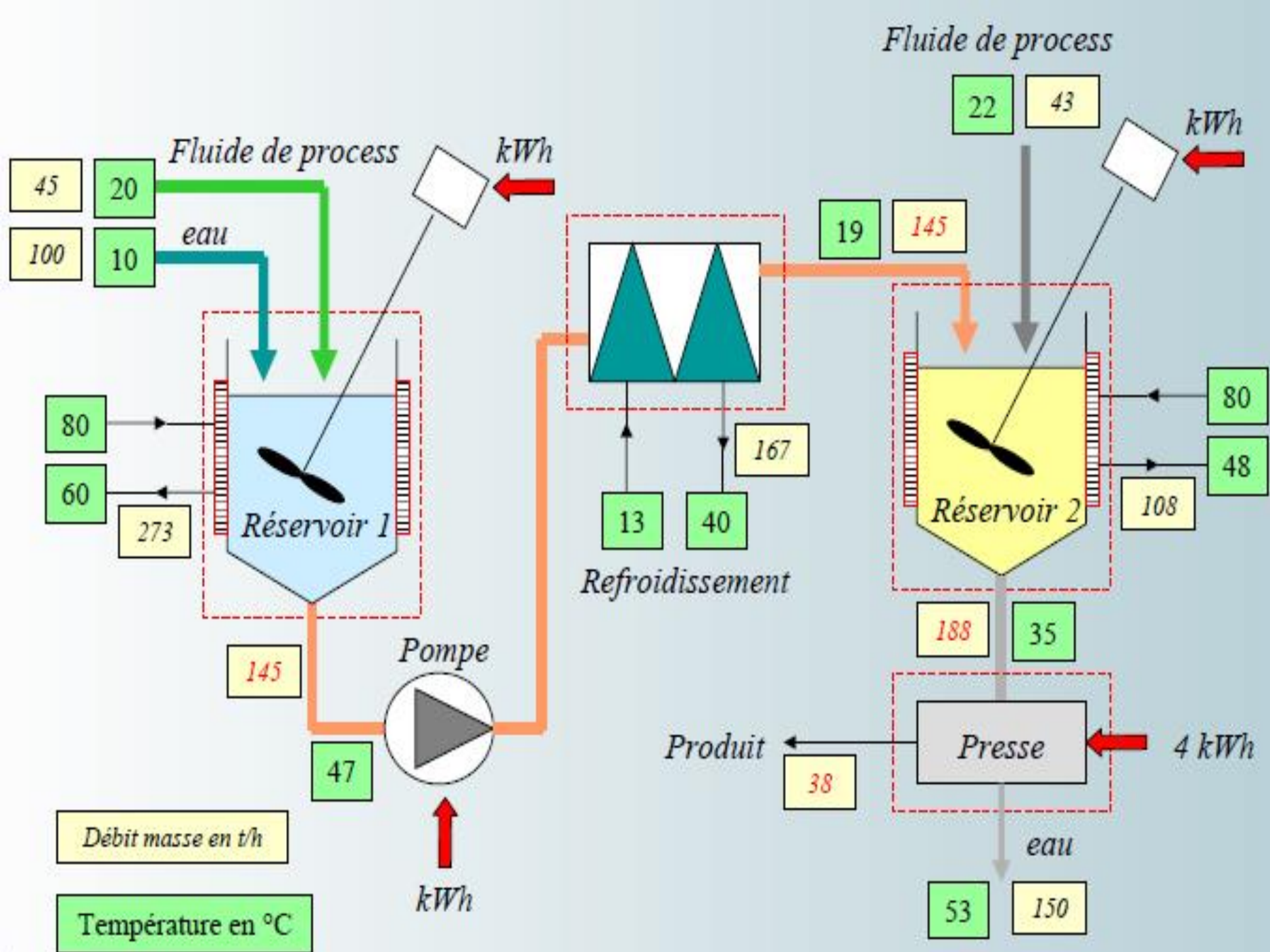


Digramme Sankey-énergie finale (Données en MWh)
Viessmann GmbH, évaluation 2008
du rapport de développement durable 2009



Exemple papeterie





INPUT d'énergie

• Réservoir 1 :

- Fluide de process : 20 x 45 x 1.16	1.044 kW	
- Eau : 10 x 100 x 1.16	1.160 kW	
- Chauffage : (80-60) x 273 x 1.16	6.333 kW	
- TOTAL :		8.537 kW

• Réservoir 2 :

- Fluide de process : 22 x 43 x 1.16	1.097 kW	
- Chauffage : (80-48) x 108 x 1.16	4.009 kW	
- TOTAL		5.106 kW

• Presse :

4.000 kW

TOTAL :

17.643 kW

OUTPUT d'énergie

• Refroidisseur : (40-13) x 167 x 1.16	5.230 kW
• Eau de décharge : 53 x 150 x 1.16	9.222 kW
• Produit fini : 53 x 38 x 1.16	2.336 kW
TOTAL :	16.788 kW

Différence d'énergie ⇒ Pertes à l'ambiance

0.855 kW

Bilan par volume de contrôle

Réservoir 1

• Input :	+	8.537 kW
• Output fluide de process : 47 x 145 x 1.16	-	7.905 kW
• Pertes à l'ambiance :	+	0.632 kW

Refroidisseur

• Input fluide de process : 47 x 145 x 1.16	+	7.905 kW
• Output fluide de process : 19 x 145 x 1.16	-	3.196 kW
• Refroidissement :	-	5.230 kW
• Pertes à l'ambiance (Gain) :	-	0.521 kW

Réservoir 2

• Input :	+	5.106 kW
• Input fluide de process :	+	3.196 kW
• Output fluide de process : 35 x 188 x 1.16	-	7.633 kW
• Pertes à l'ambiance :	+	0.669 kW

Presse

• Input fluide de process :	+	7.633 kW
• Presse :	+	4.000 kW
• Output eau : 53 x 150 x 1.16	-	9.222 kW
• Output produit fini : 53 x 38 x 1.16	-	2.336 kW
• Pertes à l'ambiance :	+	0.075 kW

Inventaire des inputs et outputs

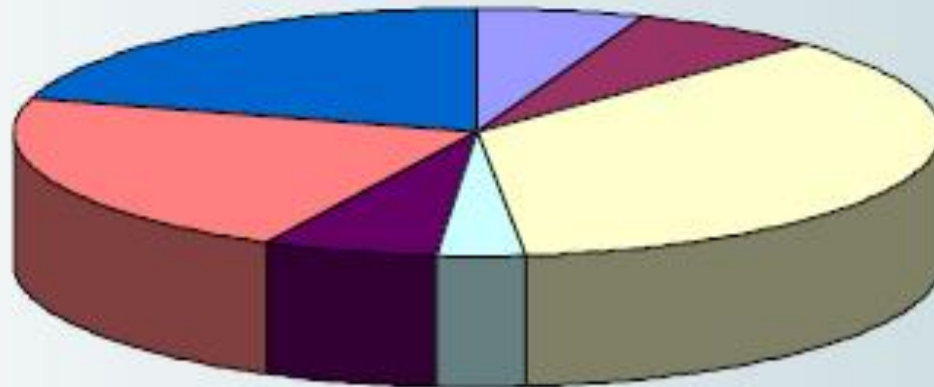
Inputs d'énergie au processus

• Fluide de process au réservoir 1 :	1.044 kW	5.7 %
• Eau au réservoir 1 :	1.160 kW	6.4 %
• Chauffage réservoir 1 :	6.333 kW	34.9 %
• Apport de l'ambiance au refroidisseur :	0.521 kW	2.9 %
• Fluide de process au réservoir 2 :	1.097 kW	6.0 %
• Chauffage réservoir 2 :	4.009 kW	22.1 %
• Presse :	4.000 kW	22.0 %
• TOTAL :	18.164 kW	100.0 %

Outputs d'énergie du processus

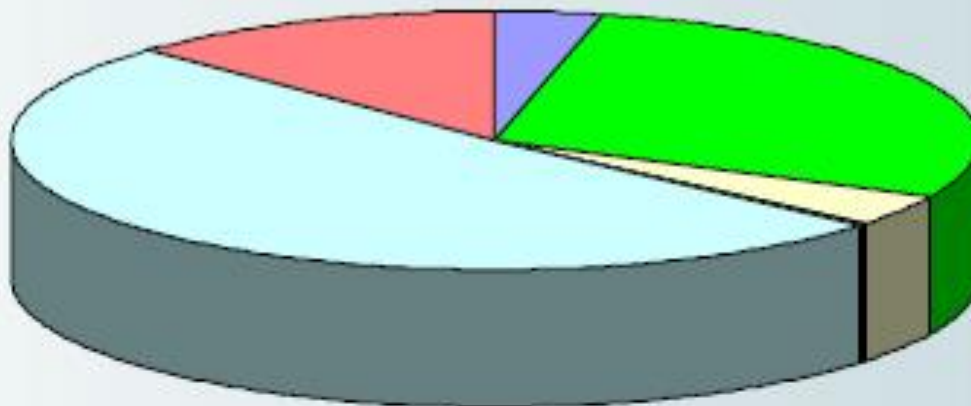
• Perte à l'ambiance réservoir 1 :	0.632 kW	3.5 %
• Eau de refroidisseur :	5.230 kW	28.8 %
• Perte à l'ambiance réservoir 2 :	0.669 kW	3.7 %
• Perte à l'ambiance de la presse :	0.075 kW	0.4 %
• Eau provenant de la presse :	9.222 kW	50.7 %
• Produit fini :	2.336 kW	12.9 %
• TOTAL :	18.164 kW	100.0 %

Partition des inputs d'énergie



- Fluide Réservoir 1
- Eau Réservoir 1
- Chauffage réservoir 1
- Q refroidisseur
- Fluide Réservoir 2
- Chauffage réservoir 2
- Presse

Partition des outputs d'énergie



- Q Réservoir 1
- Eau Refroidisseur
- Q Réservoir 2
- Q presse
- Eau presse
- Produit fini



giz Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH



Comment économiser l'énergie électrique ?

- ▶ 1. Au niveau de la production : améliorer les rendements de transformation
 - Proportion entre « énergie primaire » et investissement dans le prix du kWh
 - Hydraulique : 0 - 100
 - Nucléaire : 25 - 75
 - Thermique classique : 50 - 50
 - Centrale de pointe : 70 - 30
 - Réduire les consommations spécifiques des centrales (thermiques, de pointe, nucléaires)
- ▶ THERMODYNAMIQUE
 - Augmenter les rendements des centrales
 - Augmenter les rendements des génératrices électriques (98 ... 99 %)



giz
Deutsche Gesellschaft
für Internationale
Zusammenarbeit (GIZ) GmbH



- ▶ 2. Au niveau de la consommation : améliorer les rendements de transformation
 - Moteurs et systèmes d'entraînement « souples » à l'utilisation (vitesse variable)
 - Éclairage : source lumineuse à haute efficacité
 - lampe au mercure
 - lampe au sodium
 - surtout pas à incandescence, même halogène
 - éclairage direct plutôt qu'indirect
 - Thermique : à éviter
 - ne chauffer que ce qu'il ne faut.
 - micro-onde (!), induction

► 3. Au niveau du transport et de la distribution

Exemple : Transport de 100 kWel à 10 km

- Choix judicieux de la tension (soit $\cos\phi = 1$)
 - $U = 10 \text{ kV}$ $I = 10 \text{ A}$ Scuire = 2 mm^2 $R = 200 \Omega \Rightarrow$ Perte = 20 kW
 - $U = 20 \text{ kV}$ $I = 5 \text{ A}$ Scuire = 1 mm^2 $R = 400 \Omega \Rightarrow$ Perte = 10 kW
- Augmentation du facteur de puissance ($\cos\phi$)
 - - $U = 10 \text{ kV}$ $\cos\phi = 0.7$ $I = 14 \text{ A}$ Scuire = 3 mm^2 $R = 300 \Omega \Rightarrow$ Perte = 26 kW
- Réductions des « pointes » au transport et à la distribution (10 à 15 %)
 - 100 kWh pendant une heure \Rightarrow Perte = 20 kWh
 - 100 kWh pendant une 1/2 heure \Rightarrow Perte = 40 kWh

Comment réduire les investissements ?

- *Investissement = fonction (puissance kW, puissance apparente kVA)*
- *Réduire au minimum les puissances électriques nécessaires*
- *Augmenter le facteur de puissance (cosφ de 95 %)*
- *Utilisation maximale*

Utilisation = Énergie annuelle (kWh) / Puissance nominale (kW)

Puissance « quart-horaire » : moyenne pendant le 1/4 heure le plus chargé

Conclusions et suggestions

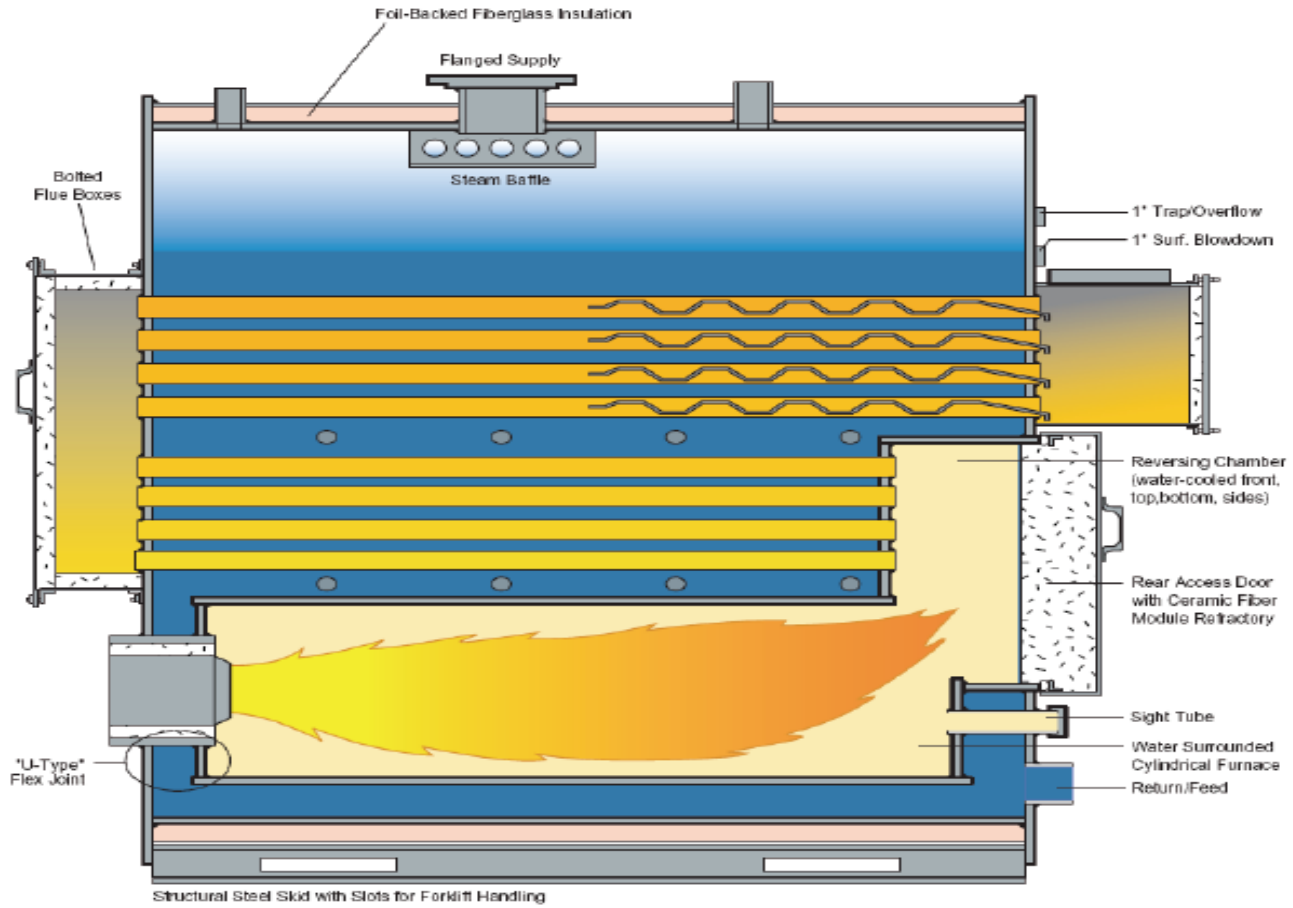
- 1. Consommer le moins possible : amélioration des process, chasse au gaspillage*
- 2. Améliorer l'utilisation : planifier = écrêter et délester*
- 3. Réduire les pertes au transport et à la distribution : cosφ , tension, utilisation*
- 4. Utiliser des équipements souples dans le cas de monotone de charge « difficile »*

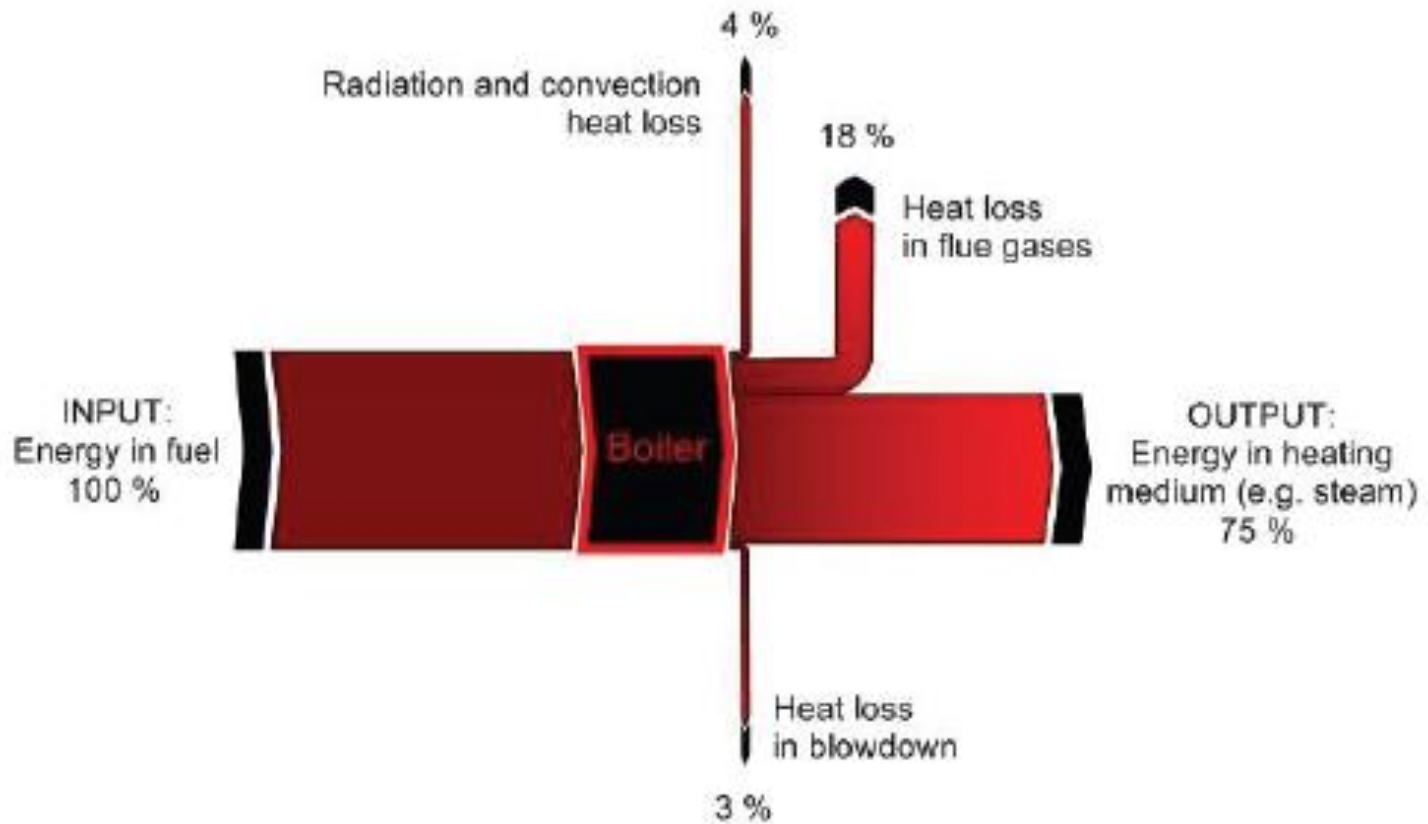
Utilisations finales de l'énergie dans l'industrie

► Les principales utilisations finales de l'énergie sont:

Thermique	Electrique
Fours	Moteurs
Chauffage	Pompes
Climatisation	Ventilateurs
Réfrigération	Convoyeurs
Cuisson	Concassage, broyage, fraisage
Séchage	Usinage, façonnage, fabrication
Chauffage domestique et climatisation, y compris la ventilation	Systemes à vide
	Eclairage

Chaudières





Les grandes priorités en matière d'amélioration de la performance énergétique



un dépôt de tartre d'un millimètre d'épaisseur augmente la consommation de combustible de deux pour cent.

- ▶ La diminution de la pression de la vapeur ou de la température de l'eau du système
- ▶ La limitation des fuites
- ▶ L'entretien de la chaudière. À l'exception du gaz naturel, pratiquement tout combustible laisse une certaine quantité de dépôt sur la surface des tubes exposée aux flammes.
- ▶ Le réglage de l'excès d'air
- ▶ L'eau de purge – de l'argent gaspillé

Une réduction de 20 °C de la température des gaz de combustion améliore la performance de la chaudière d'environ un pourcent.

Ventilateurs et insufflateurs

ÂGE DU MOTEUR				
≤ 5 ans	≤ 10 ans	≤ 15 ans	≤ 20 ans	> 20 ans
1	2	3	4	5

PUISSANCE NOMINALE				
> 1500 kW	≤ 1500 kW	≤ 500 kW	≤ 150 kW	≤ 50 kW
1	2	3	4	5

HEURES DE FONCTIONNEMENT (PAR AN)				
≤ 2000 h	≤ 3000 h	≤ 4000 h	≤ 5000 h	> 5000 h
1	2	3	4	5

Classement du moteur														
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Aucune mesure ne s'impose					Être attentif au moteur					Le changement du moteur s'impose				



giz Deutsche Gesellschaft
für Internationale
Zusammenarbeit (GIZ) GmbH



Exemple de tuyauterie

- ▶ Un système de pompe requiert le pompage de $50 \text{ m}^3/\text{h}$ d'eau au moyen d'un tuyau de 100 mètres de long. En supposant un diamètre de 5 centimètres, la puissance requise résultante est de 24 kW.
- ▶ Avec un diamètre supérieur de 10 centimètres, cette puissance est ramenée à 5 kW.
- ▶ Une vitesse réduite dans le système permet d'importantes économies d'énergie et de retarder l'usure. Ainsi, les coûts d'entretien et de cycle de vie sont réduits.

Air comprimé

