



Production de l'énergie électrique par conversion d'énergie chimique – mécanique: cogénération par combustion du Gaz Naturel



Synthèse bibliographique par Pr. A/Malek ROULA



Le gaz naturel: alternative énergétique écologique et économique

Le gaz naturel est incolore, inodore et plus léger que l'air. Il se présente sous sa forme gazeuse au delà de -161°C .

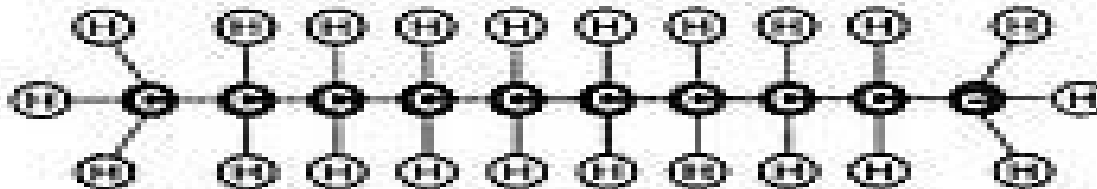
Pour des raisons de sécurité, un parfum chimique, le mercaptan, qui lui donne une odeur d'oeuf pourri, lui est souvent ajouté afin de permettre de détecter une fuite de gaz éventuelle.

Le gaz naturel est un mélange d'hydrocarbures légers comprenant du méthane, de l'éthane, du propane, des butanes et des pentanes: $\text{C}_x \text{H}_{2x+2}$.

D'autres composés tels que CO_2 , H_2 , le H_2S et N_2 peuvent également s'y trouver.

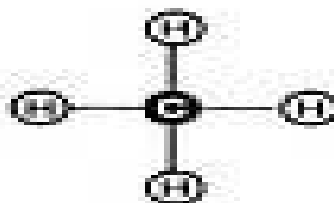
Bien que la composition du gaz naturel varie, GN = 90% CH_4 (>98% pour le GN de Hassi R'Mel).

Pétrole
(Decane)



$$\frac{\text{C}}{\text{H}} = \frac{10}{22}$$

Gaz naturel
(Méthane)




$$\frac{\text{C}}{\text{H}} = \frac{1}{4}$$



Origine

Le carbone et l'hydrogène contenus dans le GN proviennent des restes de plantes et d'animaux qui se sont accumulés, entassés et compressés au fond des lacs et des océans pendant des millions d'années. Recouverts par des couches épaisses d'autres sédiments, la matière organique s'est transformée en pétrole brut et en gaz naturel sous l'effet de la pression et de la chaleur. Le pétrole et le gaz sont expulsés et ont pénétré les roches sédimentaires poreuses. Le pétrole et le gaz remontent alors vers la surface, à travers la roche (puisque moins dense que l'eau).






Le GN est extrêmement inflammable.

Il brûle facilement et presque totalement et n'émet qu'une faible pollution.

Le GN n'est ni corrosif, ni toxique, sa température de combustion est élevée et il possède un intervalle restreint d'inflammabilité (c'est un **combustible fossile sûr** par rapport à d'autres sources d'énergie).

En raison de sa densité de 0,60 (inférieure à celle de l'air = 1,00) le GN a tendance à s'élever facilement = il est très volatil.



A $P = 1 \text{ atm.}$, si le GN est refroidi à une température de -161°C environ, il se condense sous la forme d'un liquide : (GNL).

Un volume de $\text{GN}_{t^{\circ} = -161^{\circ}\text{C}} = 1/6 \text{ volume } \text{GN}_{t^{\circ} = 25^{\circ}\text{C}}$

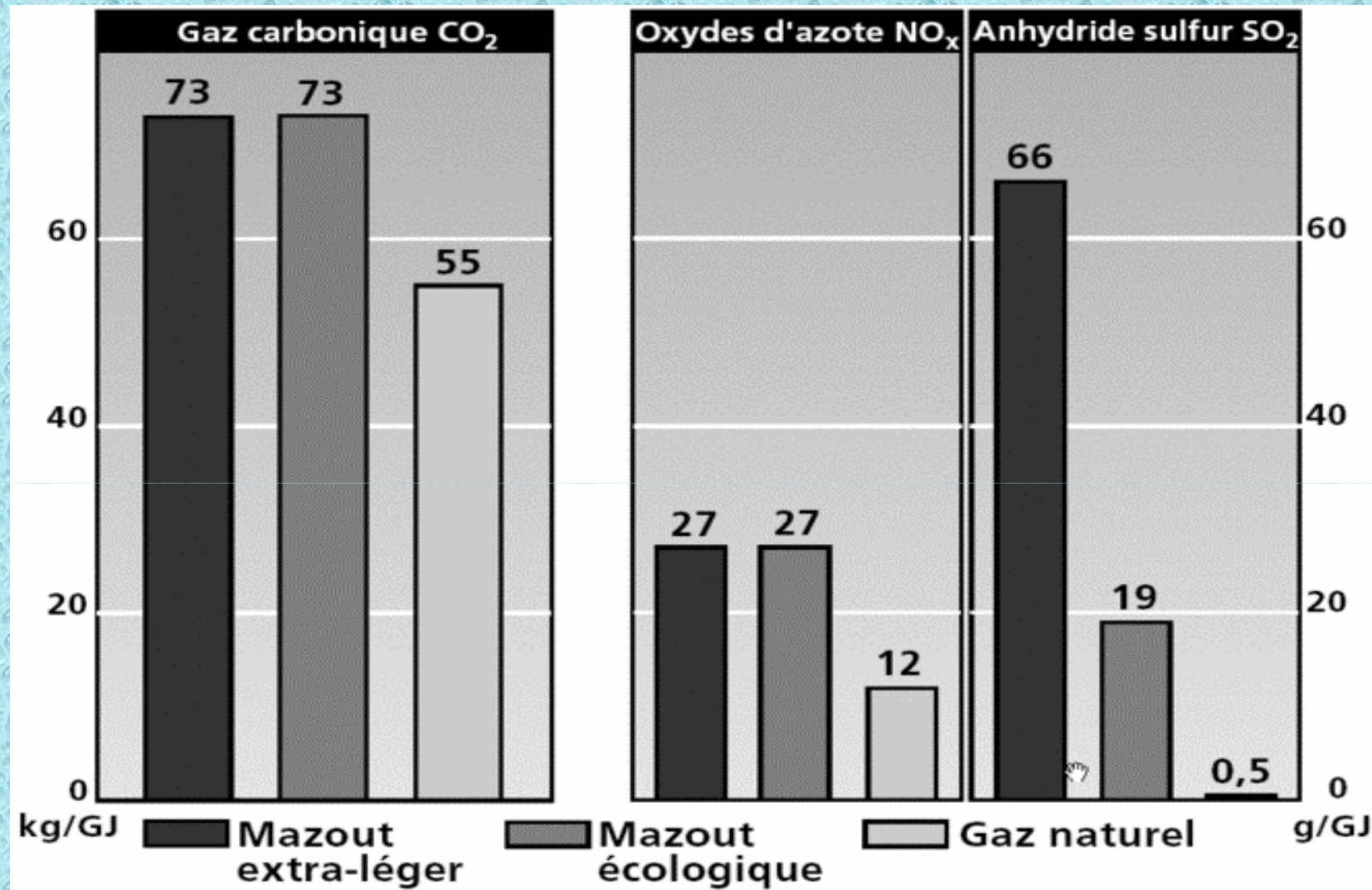
$\text{GN}_{t^{\circ} = -161^{\circ}\text{C}}$ est deux fois moins lourd que H_2O .

Il est inodore, incolore, non corrosif, non explosif et non toxique. Une fois sous forme de vapeur, il ne brûle dans l'air que dans une concentration de 5% à 15%.

Il est stocké et transporté sous forme gazeuse.

Combustible	MJ/kg		kJ/L	kJ/mol
Méthane : $\text{CH}_4 + 2\text{O}_2 = \text{CO}_2 + 2 \text{H}_2\text{O liq}$	50,01	---		890,4
Méthane : $\text{CH}_4 + 2\text{O}_2 = \text{CO}_2 + 2 \text{H}_2\text{O vap}$				802,3

GN (GNL) = Combustible propre



Combustible

MJ/kg

kJ/L

kJ/mol

Méthane : $\text{CH}_4 + 2\text{O}_2 = \text{CO}_2 + 2 \text{H}_2\text{O liq}$

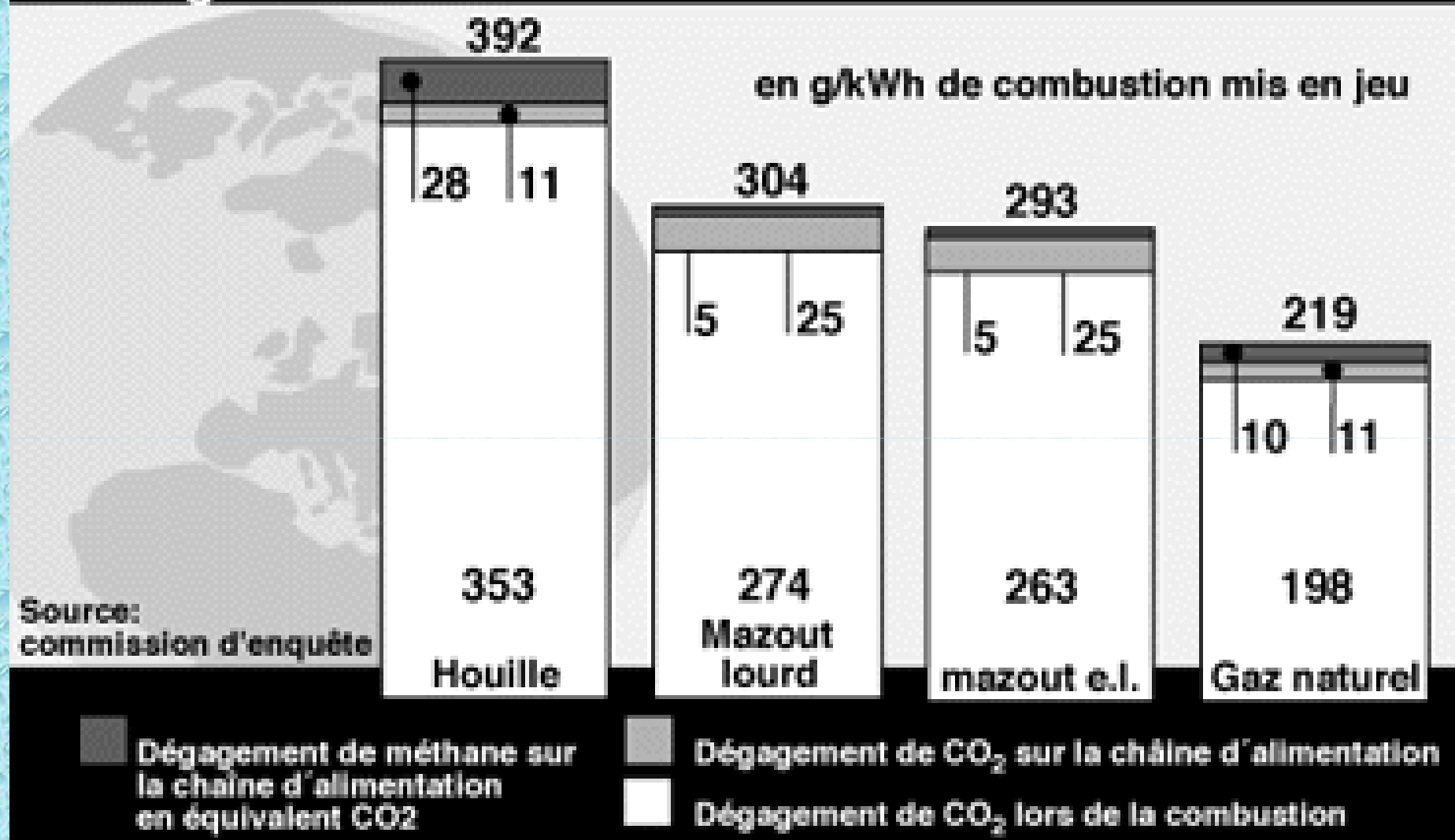
50,01

890,4

Méthane : $\text{CH}_4 + 2\text{O}_2 = \text{CO}_2 + 2 \text{H}_2\text{O vap}$

802,3

Dégagements de CO₂ et de méthane dus à l'utilisation d'énergies fossiles



Combustible	MJ/kg	kJ/L	kJ/mol
Méthane : $\text{CH}_4 + 2\text{O}_2 = \text{CO}_2 + 2 \text{H}_2\text{O liq}$			890,4
Méthane : $\text{CH}_4 + 2\text{O}_2 = \text{CO}_2 + 2 \text{H}_2\text{O vap}$	50,01	---	802,3

Énergie et environnement

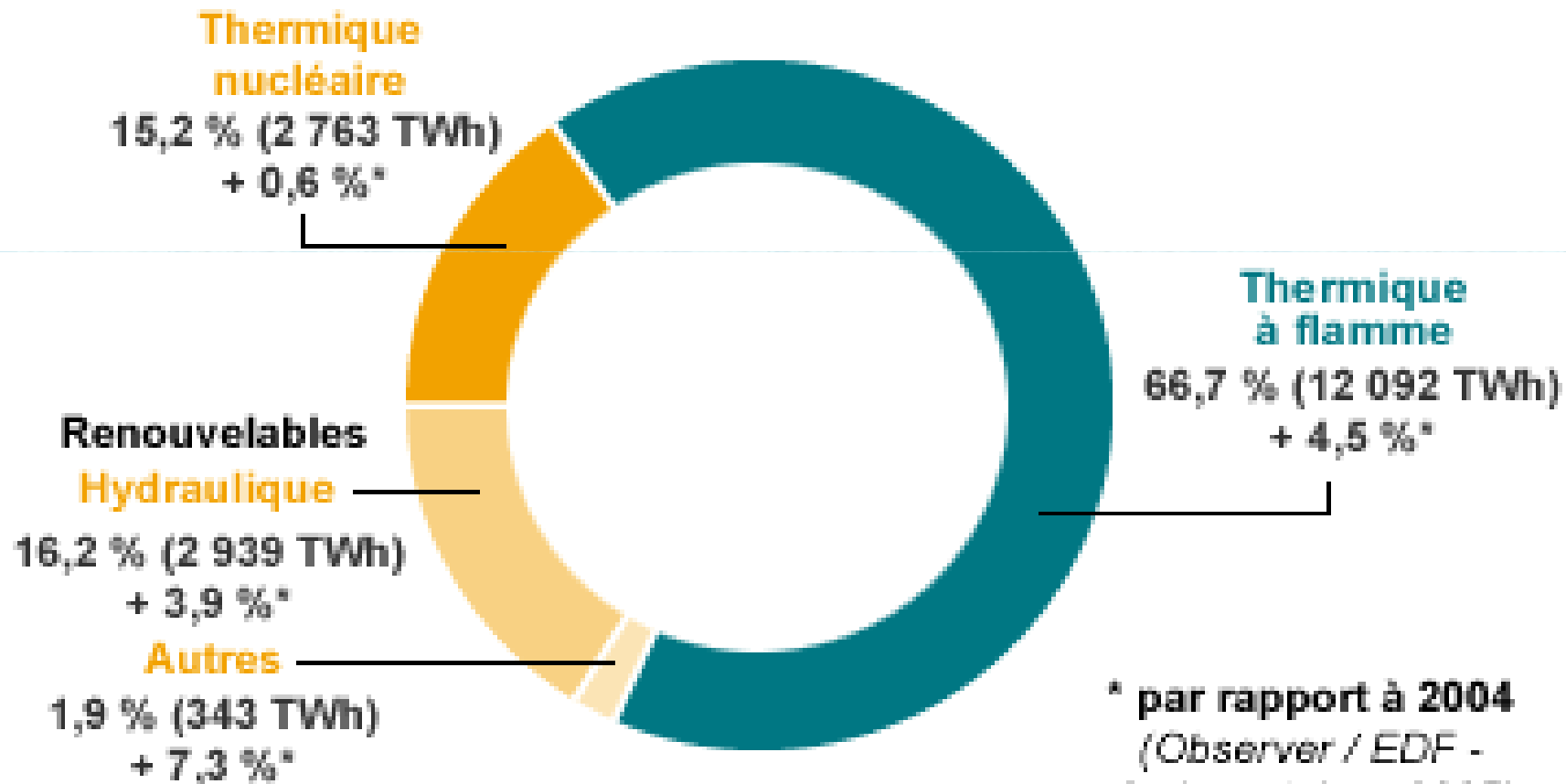
Gaz naturel	Mazout
Conditionnement	
<ul style="list-style-type: none"> • Séchage et conditionnement uniquement; aucune transformation nécessaire. 	<ul style="list-style-type: none"> • Transformation du pétrole brut (raffinage) nécessaire.
Transport & Distribution	
<ul style="list-style-type: none"> • Transports par gazoducs souterrains et sous-marins; transport du GNL par méthaniers • Aucun risque de fuite ni de pollution. 	<ul style="list-style-type: none"> • Transports à distance dans des pétroliers, des conduites souterraines, et par rail • Risques de pollution : accident de navigation, débordement ; émissions toxiques.
Combustion	
Pouvoir calorifique = $(35-45).10^3$ KJ/N.m³	Pouvoir calorifique = 42. 103 KJ/Kg
<ul style="list-style-type: none"> • Émissions de NO_x = 80 mg/m³ • formation de 198 g. CO₂/kW.h 	<ul style="list-style-type: none"> • Émissions de NO_x = 120 mg/m³ • formation de 263 g. CO₂/kW.h

Combustible	MJ/kg	kJ/L	kJ/mol
Méthane : $\text{CH}_4 + 2\text{O}_2 = \text{CO}_2 + 2 \text{H}_2\text{O liq}$	50,01	---	890,4
Méthane : $\text{CH}_4 + 2\text{O}_2 = \text{CO}_2 + 2 \text{H}_2\text{O vap}$			802,3

Avantages

Le gaz naturel est une énergie primaire pratiquement utilisable en l'état. L'extraction, la purification et le transport nécessitent très peu d'énergie.

Son rendement est donc de plus de 90 %. Mis à part l'électricité hydraulique, aucun autre agent énergétique n'atteint de telles valeurs.



* par rapport à 2004
(Observer / EDF -
8e inventaire - 2005)

CO₂ et effet de serre

Le CO₂ exerce une influence majeure sur le réchauffement de l'atmosphère terrestre.

L'emploi de gaz naturel à la place d'autres énergies fossiles réduit la charge de l'atmosphère en CO₂.

Si l'on additionne toutes les émissions de gaz à effet de serre produisant sur l'ensemble des chaînes d'approvisionnement du gaz naturel et du mazout, et qu'on les convertit en valeurs d'effet de serre, le gaz naturel est 25 % meilleur que le mazout.

Distribution géographique de l'émission de CO₂

Région	% d'émissions
Asie et Océanie	39,0 %
Chine	15,6 %
Japon	5,0 %
Inde	4,3 %
Amérique du Nord	26,0 %
États-Unis	23,7 %
Europe Ouest et Centre	17,4 %
Union Européenne	16,1 %
Allemagne	3,5 %
Royaume-Uni	2,3 %
Italie	1,9 %
France	1,6 %
Europe Centrale et de l'Est	9,3 %
Russie	6,3 %
Arménie, Azerbaïdjan, Biélorussie, Kazakhstan, Kirghizstan, Moldavie, Ouzbékistan, Russie, Tadjikistan, Turkménistan et Ukraine	3,0%
Amérique Centre et Sud	5,1 %
Afrique	3,2 %

Le gaz naturel: carburant de l'avenir!



Le GN est écologique; il peut contribuer à la réduction de la charge de particules (MES), NO_x , SO_y , CO, CO_2 et d'hydrocarbures.

Les véhicules fonctionnant au gaz naturel dégagent 60 à 95% d'émissions polluantes en moins dans l'air que les véhicules essence ou diesel.

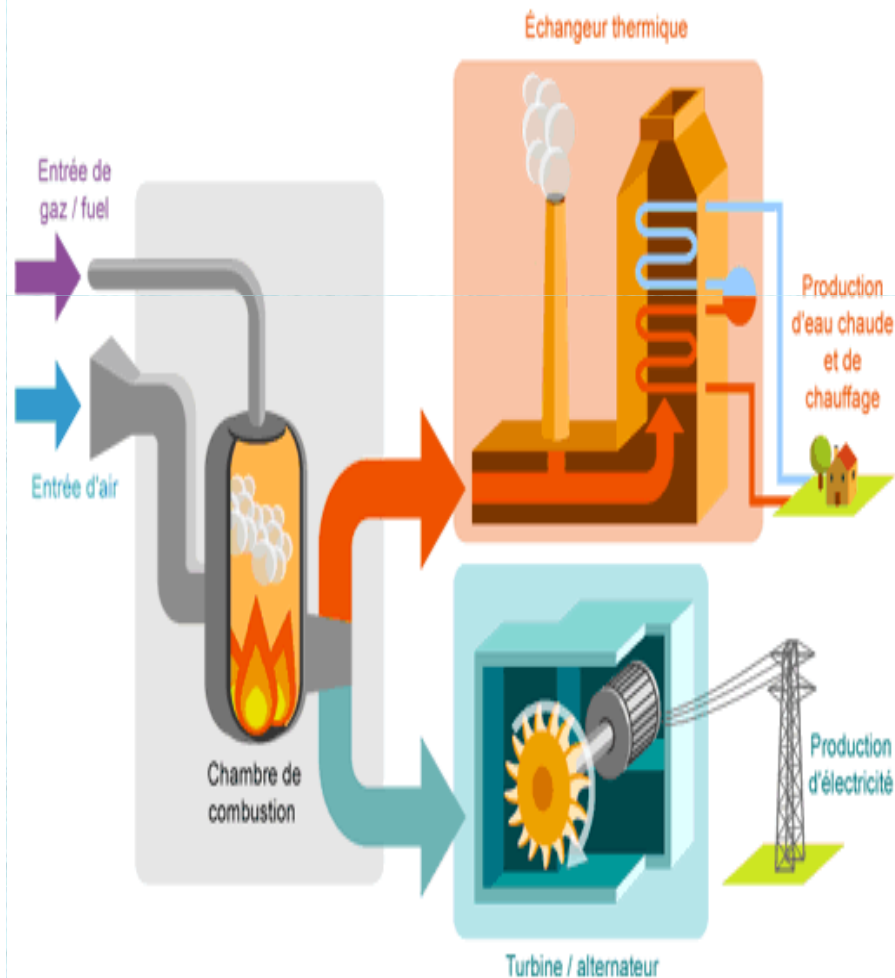
PRINCIPALES APPLICATIONS INDUSTRIELLES

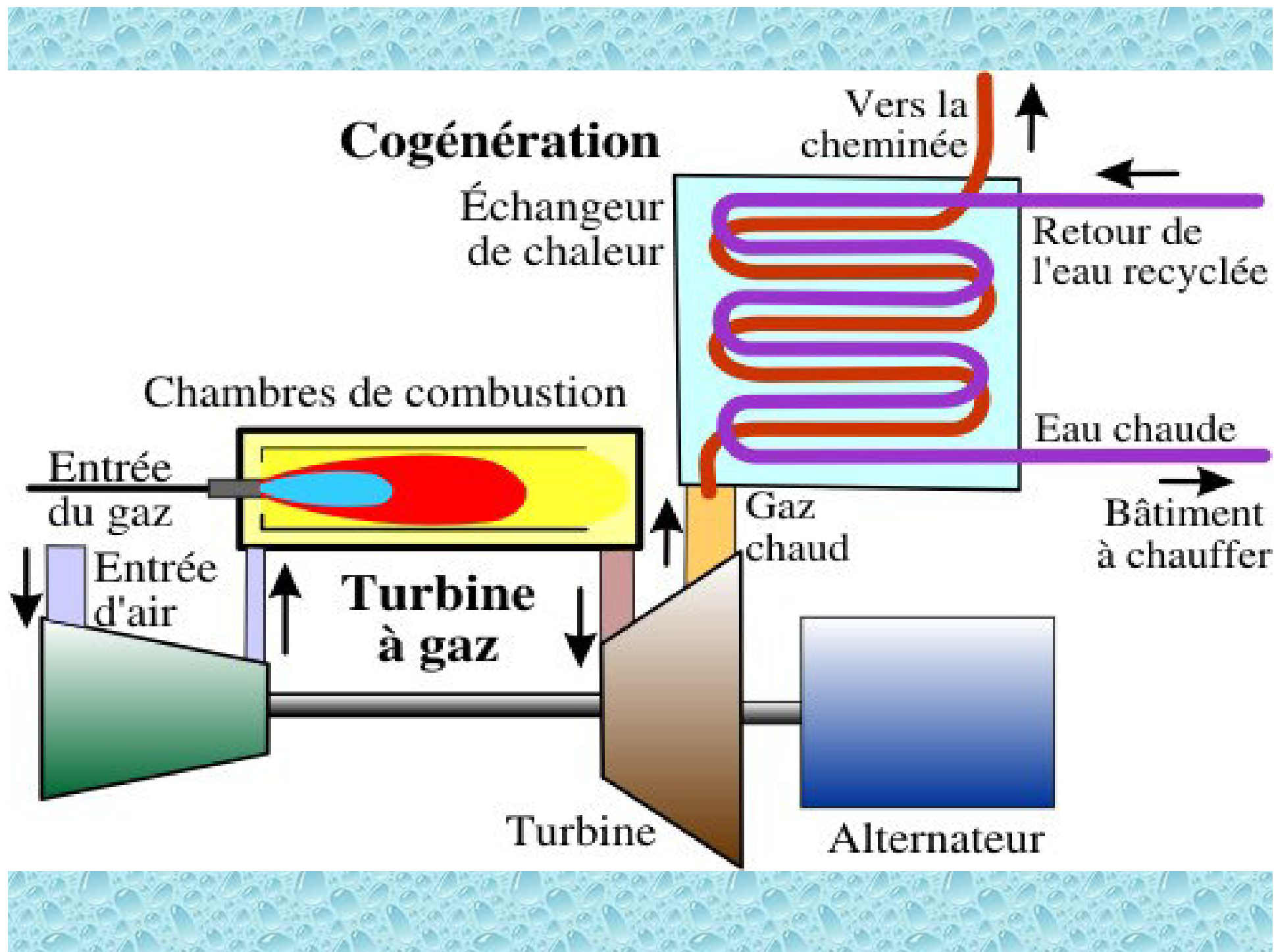
Production d'électricité dans des centrales thermiques à flammes

CONVERSION DE L'ENERGIE CHIMIQUE EN ENERGIE
MECANIQUE PUIS EN ENERGIE ELECTRIQUE

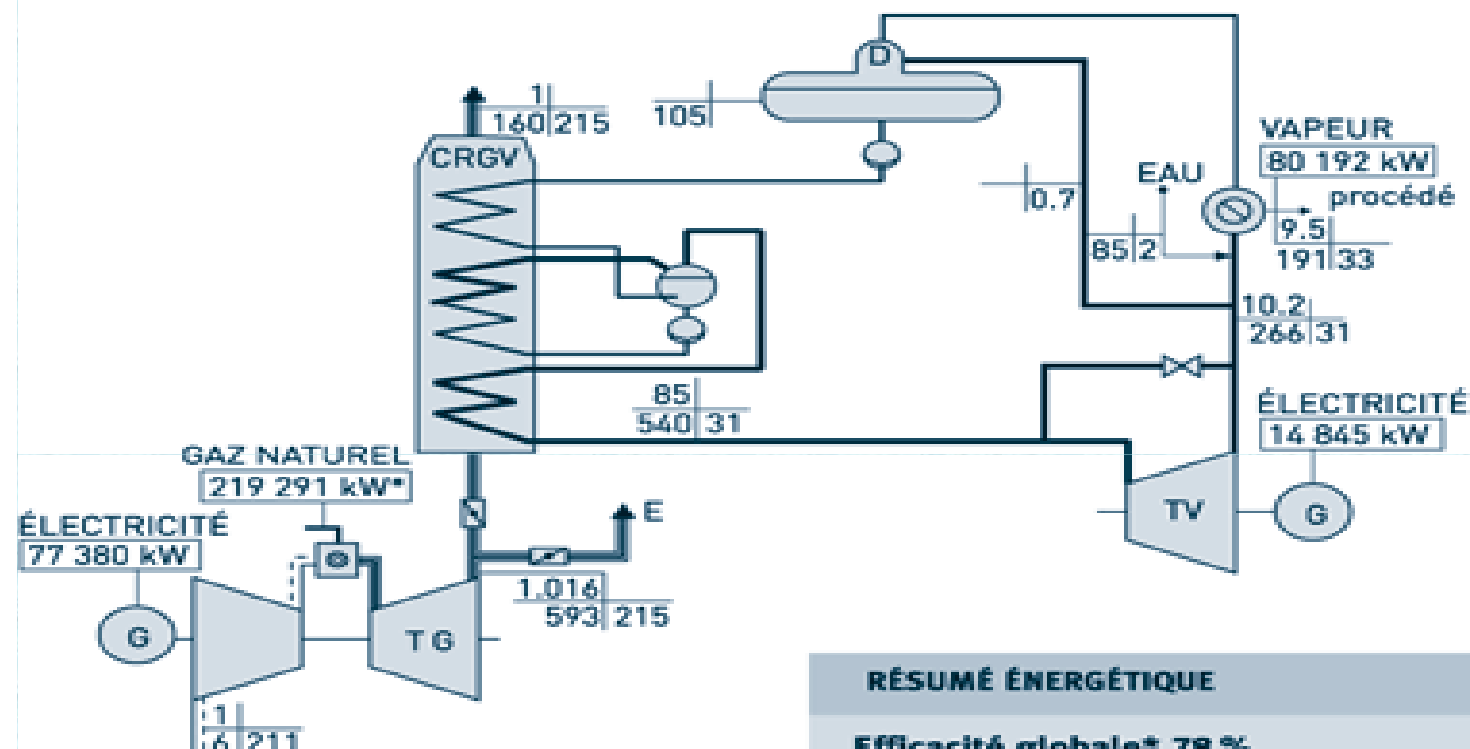


Turbines à gaz : Les gaz d'échappement des turbines à gaz sont très chauds (600°C), la chaleur peut être réutilisée; La vapeur provenant des rejets thermiques de la chaudière passe par une 2^{ème} turbine et produit une nouvelle fois de l'électricité (centrale thermique GN-V: turbine à GN + vapeur). C'est la cogénération





COGÉNÉRATION ET CENTRALE EN CYCLE COMBINÉ



LÉGENDE

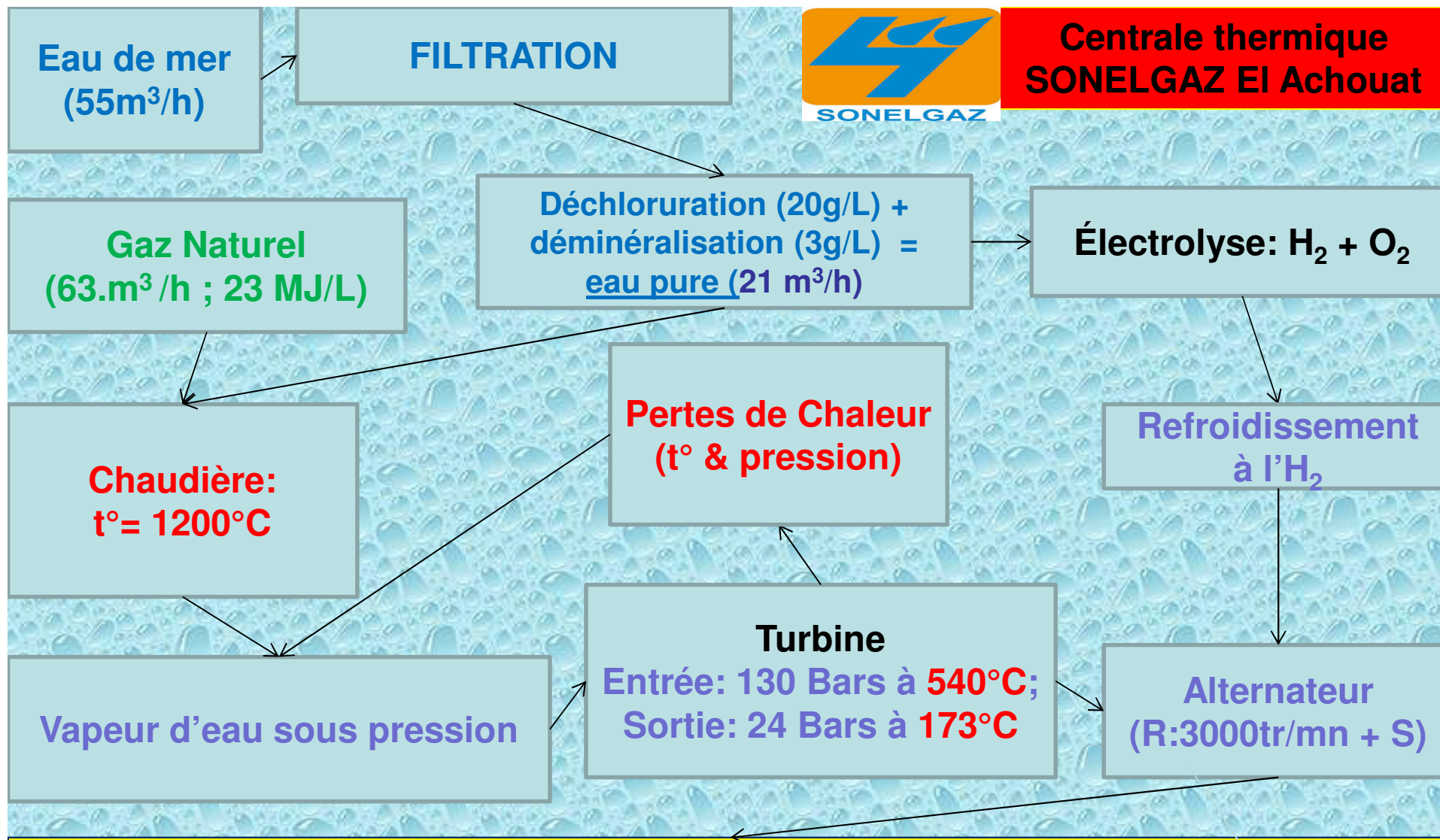
- TG** Turbine à gaz
- TV** Turbine à vapeur
- G** Génératrice
- E** Voie d'évitement
- CRGV** Chaudière de récupération à génération de vapeur
- D** Dégazeur

bar	°C	kg/s
-----	----	------

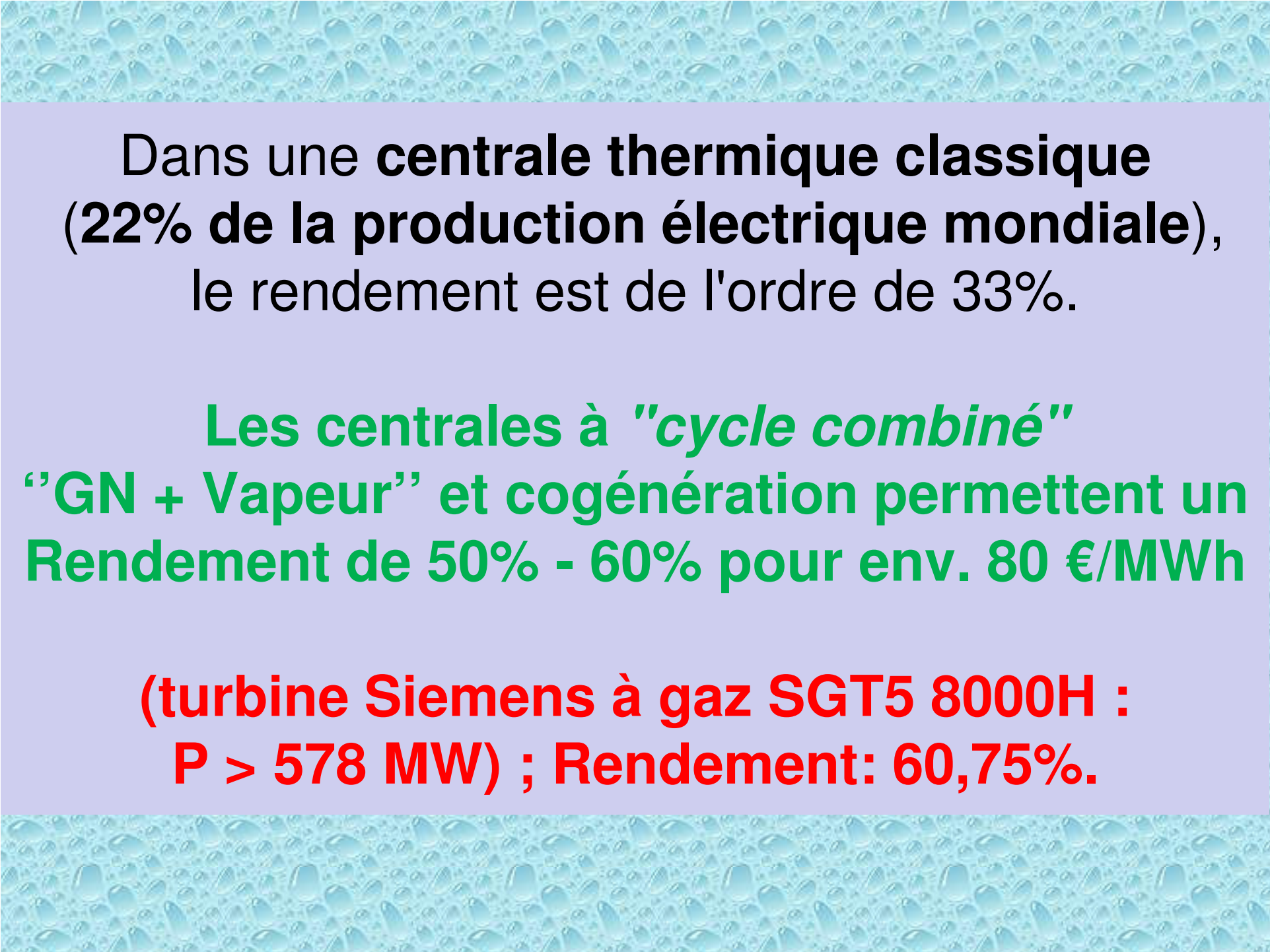
* PCI

RÉSUMÉ ÉNERGÉTIQUE

Efficacité globale* 78 %	Puissance kW	Efficacité %
Puissance électrique nette	90 266	41
Puissance thermique vapeur procédé	80 192	37
Puissance totale utile	170 453	78



**P = (3x1100) GW en 2013 ; U= (15-20)kV ;
Rendement thermique: env. (50% - 60%)
pour env. 80 €/MWh (3,8 DZD/Wh)**



Dans une **centrale thermique classique**
(**22% de la production électrique mondiale**),
le rendement est de l'ordre de 33%.

Les centrales à "*cycle combiné*"
"GN + Vapeur" et cogénération permettent un
Rendement de 50% - 60% pour env. 80 €/MWh

**(turbine Siemens à gaz SGT5 8000H :
P > 578 MW) ; Rendement: 60,75%.**

Avantages: La production d'énergie est:

- 1- indépendante des conditions météorologiques;
- 2- la source d'énergie peut être stockée;
- 3- la densité de puissance est très élevée ;
- 4- la distribution = ajustage production/demande.

